

Závěrečná zpráva číslo ZZ 272/2018

**MONITORING OVZDUŠÍ
Z HLEDISKA VÝSKYTU RADONU
A MONITORING IONIZUJÍCÍHO
ZÁŘENÍ V MÍSTECH ZNÁMÝCH
ANOMÁLIÍ**

ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA

Autoři: Aleš Froňka, Ivana Fojtíková
a kolektiv

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i.

Praha, červen 2018

Název projektu: *Monitoring ovzduší z hlediska výskytu radonu
a monitoring ionizujícího záření v místech známých anomálií*

Závěrečná zpráva

Evidenční číslo objednatele: SO2016-061

Evidenční číslo poskytovatele: 2016/038

ŘEŠITELÉ:

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i.

Autoři: Aleš Froňka, Ivana Fojtíková, Petra Vyletělová, Jan Hradecký, Michaela Slavičková, Jan Helebrant, Milan Matolín




Obsah

1	Úvod	8
2	Charakteristiky anomálií – výsledky rešerše archivních dat	8
3	Monitorování radonu v ovzduší	9
3.1	Monitorování objemové aktivity radonu ve vnitřním prostředí budov.....	9
3.1.1	Lokalita Hrádek	11
3.1.2	Lokalita Horka	17
3.1.3	Lokalita Kraví Hora.....	25
3.1.4	Závěry z měření radonu ve vnitřním ovzduší staveb	32
3.2	Monitorování objemové aktivity radonu v podloží – stanovení radonového indexu pozemku	32
3.2.1	Stanovení OAR v jednorázových odběrech vzorků vzduchu	35
3.2.2	Výsledky stanovení radonového indexu pozemku	37
4	Monitorování ionizujícího záření v místě známých anomálií	41
4.1	Výběr radiometrických anomálií k ověření	41
4.2	Metody měření	44
4.3	Měřicí technika	45
4.3.1	Mapování dávkových příkonů záření gama ve vzduchu	45
4.3.2	Terénní <i>in-situ</i> spektrometrie.....	46
4.3.3	Stanovení radonového indexu pozemku v místě radiometrické anomálie.....	48
4.3.4	Laboratorní spektrometrie záření gama.....	50
4.4	Výsledky měření.....	50
5	Citace a seznam literatury	54

Seznam obrázků:


Obr. 1	Lokalizace monitorovaných objektů v zájmovém území Hrádek na podkladu prognózní mapy radonového indexu	12
Obr. 2	Výsledky stanovení průměrné OAR v objektech v lokalitě Hrádek integrální metodou	15
Obr. 3	Výsledky měsíčního monitorování OAR v letním období - lokalita Hrádek	16
Obr. 4	Výsledky měsíčního monitorování OAR v zimním období - lokalita Hrádek	17
Obr. 5	Lokalizace monitorovaných objektů v zájmovém území Horka na podkladu prognózní mapy radonového indexu	18
Obr. 6	Výsledky stanovení průměrné OAR v objektech v lokalitě Horka integrální metodou	22

 SÚRAO	Monitoring ovzduší z hlediska výskytu radonu a monitoring ionizujícího záření v místech známých anomálií	Evidenční označení:
		SÚRAO ZZ 272/2018

Obr. 7 Integrální měření OAR v topné sezóně v objektech rozdělených podle roku výstavby (lokality Horka)	23
Obr. 8 Výsledky měsíčního monitorování OAR v letním období - Horka	24
Obr. 9 Výsledky měsíčního monitorování OAR v zimním období - Horka	24
Obr. 10 Lokalizace monitorovaných objektů v zájmovém území Kraví hora na podkladu prognózní mapy radonového indexu.....	26
Obr. 11 Výsledky stanovení průměrné OAR v objektech v lokalitě Kraví hora integrální metodou	30
Obr. 12 Výsledky měsíčního monitorování OAR v netopném období - lokalita Kraví hora	31
Obr. 13 Výsledky měsíčního monitorování v topném období - lokalita Kraví hora.....	31
Obr. 14 Instalace odběrových sond půdního vzduchu	38
Obr. 15 Radiometrické mapování v místě anomálie 37/104-B, Hodov	39
Obr. 16 Celková situace na pozemku č. parc. 2658, k. ú. Rohozná u Jihlavy	40
Obr. 17 Radiometrický průzkum v místě anomálie 009/093D, Kraví hora	44
Obr. 18 Radiometrický průzkum v místě anomálie 37/104-B, Horka.....	46
Obr. 19 Grafy poměrů výsledků laboratorních gamaspektrometrických měření vzhledem k výsledkům in-situ měření	47
Obr. 20 In-situ spektrometrie záření gama v místě radiometrických anomálií (2π geometrie měření).....	48
Obr. 21 Odběry vzorků půdního vzduchu a přímé měření plynopropustnosti zemin	49
Obr. 22 spektrum záření gama v místě anomálie 52/104_b indikující přítomnost radionuklid Cs-137 ve svrchní vrstvě zemin.....	52

Seznam tabulek:

Tab. 1 Výsledky měření OAR integrálními detektory mimo topnou sezónu - statistika za obce lokality Hrádek.....	14
Tab. 2 Výsledky měření OAR integrálními detektory v topné sezóně - statistika za obce lokality Hrádek.....	15
Tab. 3 Výsledky měření OAR integrálními detektory mimo topnou sezónu - statistika za obce lokality Horka.....	21
Tab. 4 Výsledky měření OAR integrálními detektory v topné sezóně - statistika za obce lokality Horka.....	21
Tab. 5 Výsledky měření OAR integrálními detektory mimo topnou sezónu - statistika za obce lokality Kraví hora.....	28
Tab. 6 Výsledky měření OAR integrálními detektory v topné sezóně - statistika za obce lokality Kraví hora.....	29
Tab. 7 Souhrnný přehled stanovení radonového indexu pozemku	33

 SÚRAO	Monitoring ovzduší z hlediska výskytu radonu a monitoring ionizujícího záření v místech známých anomálií	Evidenční označení:
		<i>SÚRAO ZZ 272/2018</i>


Tab. 8 Základní popisné statistiky souboru výsledků měření OAR v půdním vzduchu a plynopropustnosti zemin (anomálie 37/104-B, pozemek č. parc. 1862/1, 1734/2, k. Vlčatín, PÚZZZK Horka).....	38
Tab. 9 Základní popisné statistiky souboru výsledků měření OAR v půdním vzduchu a plynopropustnosti zemin (pozemek č. parc. 2658, k. ú. Rohozná u Jihlavy, PÚZZZK Hrádek)	40
Tab. 10 Celkový přehled radiometrických anomálií (WGS 84 EPSG:4326)	41
Tab. 11 Základní popisné statistiky měření OAR a plynopropustnosti zemin v místě vybraných anomálií	49
Tab. 12 Výsledky in-situ gama spektrometrie záření gama v místě anomálie 52/104-B.....	52
Tab. 13 Atributy vstupních datových souborů pro vytváření mapových výstupů měření dávkového příkonu záření gama v místě radiometrických anomálií	53

Seznam textových příloh:

- Příloha 1** Radioaktivita hornin České republiky a zájmových území pro úložiště radioaktivních odpadů Hrádek, Horka a Kraví hora
- Příloha 2** Přehledové mapy zobrazující geografické souřadnice měřených budov, pozemků a anomálií v jednotlivých lokalitách
- Příloha 3** Souhrnný přehled měřených budov a jejich zeměpisných souřadnic (WGS 84 EPSG:4326)
- Příloha 4** Protokol 242-039-2018/ZRIP o stanovení radonového indexu pozemku v rámci radiometrických měření v místě anomálie 37/104-B, pozemek č. parc. 1862/1, 1734/2, k.ú. Vlčatín, PÚZZZK Horka

Seznam použitých zkratk:

BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaft und Rohstoffe
C_K	koncentrace přírodního radionuklidu K-40 (%)
C_{Th}	koncentrace přírodního radionuklidu Th-232 (ppm); uvažuje se úplná radioaktivní rovnováha v thoriové přeměnové řadě
C_U	koncentrace přírodního radionuklidu U-238 (ppm); uvažuje se úplná radioaktivní rovnováha v uran-radiové přeměnové řadě
C_V	Objemová aktivita radonu v půdním vzduchu ($\text{kBq}\cdot\text{m}^{-3}$)
ČGS	Česká geologická služba
D_G	dávkový příkon záření gama ve vzduchu (stanoven 1m nad úrovní terénu)
HÚ	hlubinné úložiště
k	plynopropustnost zemin (m^2)
IAEA	International Atomic Energy Agency
OAR	Objemová aktivita radonu (Rn-222) v $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$
PřF UK	Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy
RIP	radonový index pozemku
RP	radonový potenciál pozemku
RO	Radiační ochrana
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SÚRO	Státní ústav radiační ochrany, v. v. i.
SÚRAO	Správa úložišť radioaktivních odpadů

 SÚRAO	Monitoring ovzduší z hlediska výskytu radonu a monitoring ionizujícího záření v místech známých anomálií	Evidenční označení:
		SÚRAO ZZ 272/2018

Abstrakt

V rámci veřejné zakázky SÚRAO (SO2016-061) *Monitoring ovzduší z hlediska výskytu radonu a monitoring ionizujícího záření v místech známých anomálií* bylo provedeno komplexní monitorování přírodních zdrojů ionizujícího záření v průzkumných územích pro zvláštní zásah do zemské kůry Horka, Hrádek a Kraví hora. Předložená závěrečná zpráva obsahuje výsledky monitorování radonu v ovzduší budov, stanovení radonového indexu pozemku a monitorování ionizujícího záření v místech známých radiometrických anomálií.

Klíčová slova


Radon, radiometrické anomálie, ionizující záření, přírodní radioaktivita

Abstract

The complex monitoring of natural radiation sources in investigation areas for specific encroachment into the Earth's crust Horka, Hrádek and Kraví hora within the framework of public procurement (SO2016-061) *Air monitoring for radon occurrence and monitoring of ionizing radiation in locations of known anomalies* commissioned by Radioactive Waste Repository Authority has been carried out. Presented final report contains the results of indoor radon monitoring, radon index of the building site assessment and monitoring of ionizing radiation in locations of known radiometric anomalies.

Keywords

Radon, radiometric anomalies, ionizing radiation, natural radioactivity

 SÚRAO	Monitoring ovzduší z hlediska výskytu radonu a monitoring ionizujícího záření v místech známých anomálií	Evidenční označení:
		SÚRAO ZZ 272/2018

1 Úvod

Předmětem veřejné zakázky SÚRAO (SO2016-061) *Monitoring ovzduší z hlediska výskytu radonu a monitoring ionizujícího záření v místech známých anomálií* je zajištění komplexního monitorování přírodních zdrojů ionizujícího záření v lokalitách průzkumných území pro zvláštní zásah do zemské kůry (PÚZZK) Horka, Hrádek a Kraví hora na základě podmínky rozhodnutí MŽP č. j.1738/560/1367666/ENV/13 GEO 16/2013; č. j.1739/560/136783/ENV/13 GEO 17/2013 a č. j.2092/560/1473273/ENV/14 GEO 4/2013 ze dne 20. října 2014, Požadavek 7

„ V rámci geologických prací provede organizace kompletní monitoring ovzduší z hlediska výskytu radonu a monitoring ionizačního záření v místech známých anomálií. Ve spolupráci s příslušnými obcemi a na základě jejich požadavků provede organizace monitoring výskytu radonu a koncentrace radonu v dohodnutých objektech.“

Monitorování bylo rozděleno do dvou hlavních oblastí v souladu s požadavky zadání veřejné zakázky:

- Monitorování radonu v ovzduší
- Monitorování ionizujícího záření v místech známých anomálií


Podrobný popis dílčích činností a jejich harmonogram na celé období řešení zakázky je uveden ve Smlouvě SO2016-061.

Cílem této zprávy je shrnutí všech činností uskutečněných při řešení zakázky za celé období projektu, popis výsledků a výstupů dosažených v uvedeném období a identifikace odchylek od harmonogramu plánovaných činností.

2 Charakteristiky anomálií – výsledky rešerše archivních dat

Výsledky analýzy a rešerše dostupných dat, informací o charakteristikách radiometrických anomálií a mapových podkladů k zájmovým územím Horka, Hrádek a Kraví hora jsou přehledně a podrobně uvedeny v Příloze 1 této zprávy. Příloha je členěna do tří základních oblastí odpovídajících potřebám plánování terénních radiometrických měření v místě původních anomálií:

1. Obecná charakteristika radioaktivity hornin Českého masívu
2. Regionální radioaktivita hornin zájmových území Horka, Hrádek a Kraví hora
3. Charakteristika anomálií radioaktivity v zájmových územích Horka a Kraví hora podle dostupné dokumentace ČSÚP a způsobu provedených radiometrických měření

 SÚRAO	Monitoring ovzduší z hlediska výskytu radonu a monitoring ionizujícího záření v místech známých anomálií	Evidenční označení:
		SÚRAO ZZ 272/2018

3 Monitorování radonu v ovzduší

3.1 Monitorování objemové aktivity radonu ve vnitřním prostředí budov

Měření přírodní radioaktivity je důležité nejen z hlediska radiační ochrany, ale také z důvodu pochopení některých mechanismů transportu a distribuce radionuklidů v životním prostředí. Monitorování radonu v ovzduší můžeme rozdělit do tří hlavních kategorií umožňujících sledovat transport radonu od zdroje až po cílový prostor. Monitorování radonu v geologickém podloží, ve vnějším ovzduší a ve vnitřním prostředí budov.

Radon (Rn-222) a jeho krátkodobé produkty přeměny jsou jednoznačně nejvýznamnějším zdrojem ozáření obyvatelstva ve vnitřním prostředí budov (Tomasek, 2012; UNSCEAR, 2010). V případě hodnocení úrovně ozáření obyvatelstva je cílovým prostorem vnitřní prostředí budov, kde může docházet k významné akumulaci radonu v závislosti na stavebně technických vlastnostech budovy, významnosti přísunových cest radonu do budovy a způsobu jejího užívání.

Vzhledem k závažnosti radonu jako rizikového faktoru poškozujícího zdraví obyvatel byl usnesením vlády ČR č. 594 ze dne 4. 5. 2009 schválen Radonový program ČR 2010 až 2019 - Akční plán, který navazuje na výsledky Radonového programu ČR. Základním cílem projektu je prostřednictvím promyšlených a koordinovaných kroků přispět ke snížení počtu úmrtí na rakovinu plic v důsledku zvýšeného ozáření radonem a jeho dceřinými produkty. Zahrnuje jak usměrňování stávajícího ozáření z inhalace a ingesce radonu a jeho dceřiných produktů (dále jen radon), tak i prevenci v této oblasti. Týká se podpory provádění ozdravných opatření v bytech v rodinných a bytových domech, školách, školských zařízeních a budovách sloužících pro dlouhodobý pobyt dětí a mládeže, budovách pro zabezpečení sociálních a zdravotních služeb a odradonování vodovodů pro veřejné zásobování pitnou vodou. Součástí Akčního plánu je i vyhodnocování přijatých ozdravných opatření a jejich posouzení z hlediska zdravotních přínosů, vývoj nových metod souvisejících dozimetrických měření a technologií stavebních úprav a v neposlední řadě i vývoj metod zpracování a využití mapových podkladů pro hodnocení rizika geologického podloží a bytového fondu ČR.

Objemová aktivita radonu ve vnitřním ovzduší budov není v průběhu času konstantní a vykazuje i významnou prostorovou variabilitu mezi jednotlivými místnostmi. Okamžitá hodnota OAR ve vnitřním prostředí budovy je výsledkem tří navzájem si konkurujících jevů: rychlosti přísunu radonu, intenzity větrání a radioaktivní přeměny radonu. Běžné hodnoty intenzity větrání se pohybují v rozsahu od 0,03 do 3,0 h⁻¹. Významným faktorem ovlivňujícím celkovou úroveň OAR v budovách je způsob jejich užívání, zejména způsob větrání a vytápění. Průměrné hodnoty OAR v budově se tak mohou významně lišit v topné a mimo topnou sezónu.

Z výše uvedených důvodů byl pro potřeby monitorování úrovně OAR ve vybraných budovách zájmových území použit následující postup:

- **Výběr objektů.** V obcích jednotlivých zájmových území byly ve spolupráci s orgány obce vybrány objekty pro měření, přednostně užívané byty, v některých obcích bylo provedeno měření v objektech obce využívaných jinak než k bydlení, např. jako zařízení pro dlouhodobý pobyt dětí nebo občanská vybavenost. Se zprávou byl předán souhrnný přehled

 SÚRAO	Monitoring ovzduší z hlediska výskytu radonu a monitoring ionizujícího záření v místech známých anomálií	Evidenční označení:
		SÚRAO ZZ 272/2018

všech měřených budov, včetně geografických souřadnic, PÚZZK, obce a individuálního identifikačního kódu objektu.

- **Stanovení průměrné hodnoty OAR ve vnitřním prostředí budovy.** Pro potřeby stanovení průměrné OAR byl použit integrální systém stopové dozimetrie RAMARn. Princip integrální metody měření radonu s využitím stopových detektorů je založen na vytváření latentních poruch vyvolaných dopadem částic alfa vyslaných radonem a jeho produkty přeměny na povrch detekční fólie (v případě detektorů RAMARn fólie Kodak LR 115). Chemickým leptáním se tyto poruchy (stopy) zviditelní do velikosti kruhů o průměru několika μm . Po zjištění plošné hustoty stop (pomocí mikroskopu) je určen časový integrál objemové aktivity radonu OAR, který je definován jako součin doby expozice a průměrné OAR ve vzduchu v místě měření. Ze znalosti délky expozice lze určit průměrnou objemovou aktivitu radonu (OAR v jednotkách Bq/m^3) v době měření, která je výstupem tohoto typu měření.


Stopové detektory byly umístěny ve vybraných budovách v jednotlivých obcích zájmových území vždy ve dvou nejčastěji používaných místnostech, přednostně v místnostech, které jsou v přímém kontaktu s podlahou budovy. Doba expozice stopových detektorů byla standardně 3 měsíce a měření byla provedena v topné a mimo topnou sezónu. Výsledky ve formě protokolů jsou součástí elektronických Příloh B - D a listinné Přílohy I. Vyplněné dotazníky a záznamy o měření jsou v listinné Příloze II.

- **Kontinuální monitorování OAR ve vnitřním prostředí budov.** Ve vybraných objektech bylo provedeno kontinuální monitorování OAR s využitím kontinuálního monitoru radonu umístěného na vybraném referenčním místě v budově, přednostně v místnosti, která je v přímém kontaktu s podlahou. Délka kontinuálního měření byla 1 měsíc s intervalem záznamu OAR 1 hodina. Kontinuální měření bylo provedeno v topné a mimo topnou sezónu. Pro kontinuální monitorování byly využity monitory systému TERA a monitory Radim.

Základem sondy TERA je měřicí komora s polovodičovým detektorem (fotodiodou). Radon vstupuje do komory difuzí přes vstupní filtr ve dně sondy. Sonda měří a zpracovává výsledky ve 4 minutových intervalech a počítá hodnotu koncentrace radonu v intervalu 1 hodiny (klouzavý průměr 15 po sobě jdoucích měření) a v intervalu 24 hodin (klouzavý průměr 24 po sobě následujících hodinových měření). Sonda si ukládá do vnitřní paměti časové záznamy těchto hodnot koncentrací radonu včetně hodnot teploty a vlhkosti (typicky v intervalu 1 hodina). Dále jsou do paměti sondy časově zaznamenávány také naměřená energetická spektra (typicky v intervalu 12 hodin). Pro bezdrátové vyčtení všech naměřených hodnot ze sondy je třeba mít v systému zapojenou centrální jednotku. Centrální jednotka může stahovat naměřené hodnoty kontinuálně nebo jednorázově. V centrální jednotce jsou data znovu ukládána do paměti.

Detekční princip monitoru Radim je založen na spektrometrickém stanovení *alfa*-aktivity Po-218 (RaA), precipitovaného elektrickým polem na citlivý povrch polovodičového detektoru. Atmosférický vzduch je vzorkován difuzí přes filtr, který eliminuje vstup produktů přeměny radonu do citlivého objemu detekčního zařízení.

Výsledky ve formě grafů z monitorování jsou součástí elektronických Příloh B - D a listinné Přílohy I, protokol se statistickým vyhodnocením průběhu OAR je součástí elektronických Příloh B - D. Vyplněné záznamy o měření časového průběhu OAR jsou v elektronické Příloze II.

 SÚRAO	Monitoring ovzduší z hlediska výskytu radonu a monitoring ionizujícího záření v místech známých anomálií	Evidenční označení:
		SÚRAO ZZ 272/2018

- **Měření dávkového příkonu záření gama ve vzduchu v budovách.** Pro účely rychlé identifikace přítomnosti stavebního materiálu se zvýšeným obsahem přírodních radionuklidů bylo v prostředí vybraných budov provedeno měření dávkových příkonů záření gama.
- **Stavebně technický průzkum budov.** Klíčovými parametry ovlivňujícími výslednou objemovou aktivitu radonu v objektu jsou těsnost kontaktních konstrukcí daná jejich skladbou a intenzita větrání v objektu závisící na těsnosti obvodového pláště a druhu technických systémů zajišťujících vytápění a větrání budovy. Stavebně technický průzkum byl proto zaměřen na složení kontaktních konstrukcí (druh izolací proti vodě a radonu), zjištění jejich stavu (celistvost, přítomnost trhlin, zvýšená vlhkost atd.), způsob založení, materiálové a konstrukční řešení objektu a identifikaci vytápěcích a ventilačních systémů (podlahové topení, tepelné čerpadlo, nucené větrání, zemní výměníky atd.). Vyplněné dotazníky jsou součástí elektronické Přílohy II.

3.1.1 Lokalita Hrádek

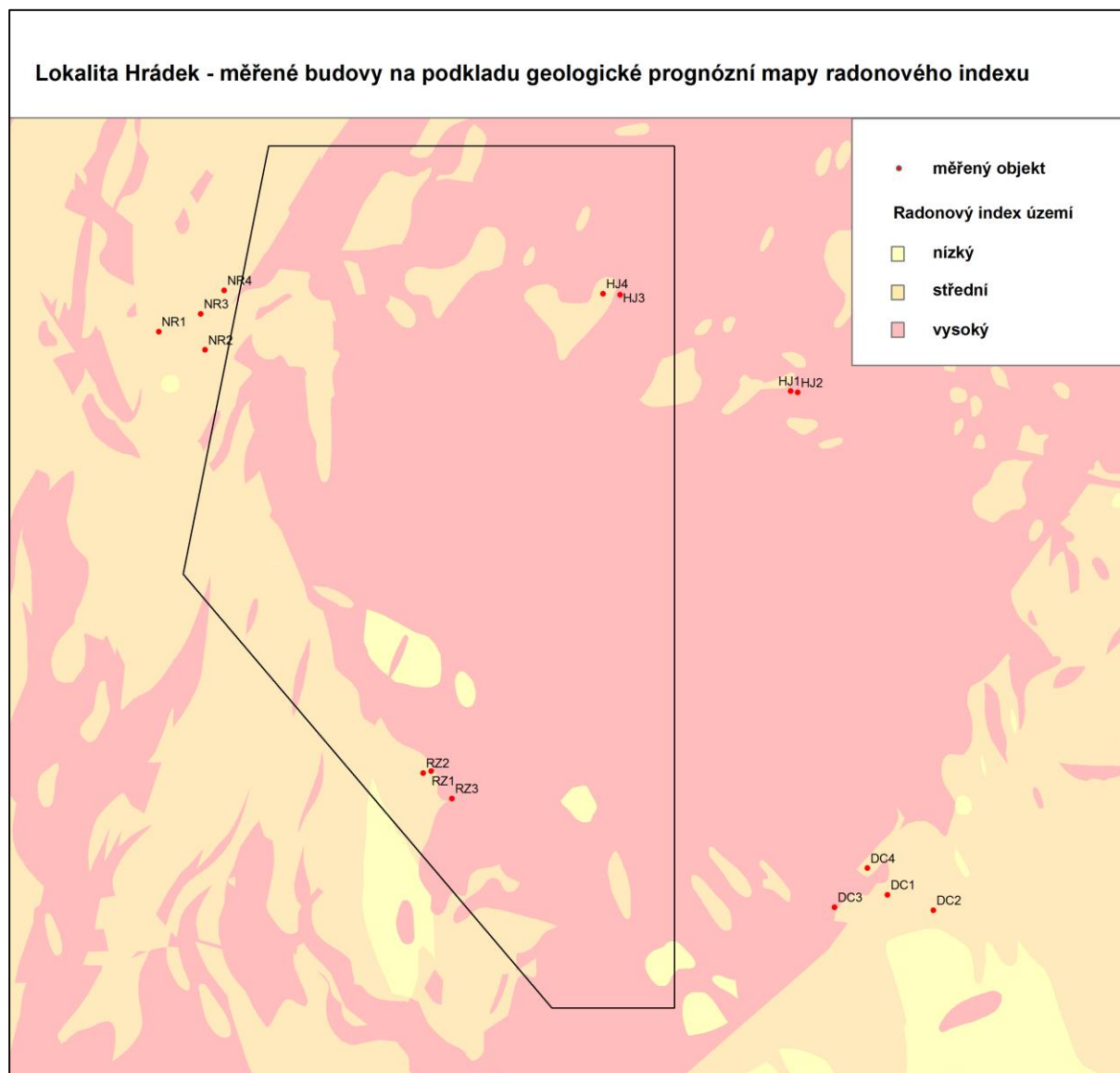
Lokalizace zájmového území a vybraných obcí a charakteristika podloží z hlediska radonového potenciálu území

Zájmové území Hrádek zahrnuje měřené obce Hojkov s částí obce Nový Hojkov, Dolní Cerekev, Nový Rychnov a Rohozná. Území se rozprostírá jihozápadně až západně od Jihlavy v Kraji Vysočina. Rozložení obcí a vybraných objektů v rámci PÚZZK je znázorněno na Obr. 1 v Příloze 2.

Podrobný obraz lokalizace osazených objektů v rámci zájmového území a radonového indexu celé oblasti je zřejmý z Obr. 1. Údaje týkající se prognózy radonového indexu byly převzaty z prognózní mapy radonového indexu (Barnet, 2001). Na prognózní mapě jsou odlišeny oblasti podle převažujícího rizika pronikání radonu do budov jako území s nízkým, středním nebo vysokým radonovým indexem; tj. na území s vysokým radonovým indexem je častější výskyt domů s vyššími koncentracemi OAR, naopak na území s nízkým radonovým indexem je nadměrně zatížených domů málo. Mapu zpracovala Česká geologická služba a je volně přístupná na jejím mapovém serveru. Obce lokality Hrádek jsou na listech 23-41 (pro obce Dolní Cerekev a Rohozná) a 23-23 (pro obce Hojkov a Nový Rychnov). Obecná charakteristika hornin v zájmových územích byla zpracována podle údajů v Příloze 1.

Na jednotlivé objekty se v dalším textu odkazuje prostřednictvím jejich kódů, které jsou na Obr. 1 rovněž uvedeny.

Obr. 1 Lokalizace monitorovaných objektů v zájmovém území Hrádek na podkladu prognózní mapy radonového indexu




ROHOZNÁ

V místech, kde jsou umístěny měřené objekty, se z geologického hlediska nacházejí dva typy hornin: kvartérní písčito-hlinitý až hlinito-písčité sediment (2 objekty) a migmatit (1 objekt). V případě kvartérních sedimentů jde o geologické podloží s kvartérními sedimenty, pod nimiž jsou uloženy horniny se středním radonovým indexem, který určuje charakter daného území z hlediska radonového potenciálu, u migmatitu je v mapě uveden vysoký radonový index podloží.

DOLNÍ CEREKEV

Obec Dolní Cerekev navazuje na východě na zájmové území, přesto byla po doporučení zadavatele do monitorování zařazena. Není totiž od polygonu příliš vzdálena. V katastru obce se z hlediska radonového potenciálu území stýkají 3 horniny. Kromě kvartérního písčito-hlinitého až hlinito-písčitého sedimentu, na kterém jsou situovány 2 objekty a na prognózní mapě radonového indexu má střední index kvůli množství radonu uvolňovaného

 SÚRAO	Monitoring ovzduší z hlediska výskytu radonu a monitoring ionizujícího záření v místech známých anomálií	Evidenční označení:
		SÚRAO ZZ 272/2018

z hornin v hlubších vrstvách, zde najdeme také migmatity a granity (po jednom objektu). Těm je přiřazen na geologické prognózní mapě vysoký radonový index.

NOVÝ RYCHNOV

Nový Rychnov leží na západní hranici zájmového území, většina plochy leží na středním radonovém indexu, úzkým pásem sem zasahuje území s vysokým radonovým indexem. Všechny monitorované objekty jsou v oblasti, kde je střední riziko pronikání radonu z podloží.

HOJKOV

Hojkov se nachází v severovýchodní části zájmového území, byly zde vytipovány dva objekty pro monitoring, další dva objekty leží v související části obce Nový Hojkov, která s polygonem těsně sousedí. V obci Hojkov se podle prognózní mapy radonového indexu nacházejí dva typy hornin - granit (vysoký radonový index, 1 objekt) a migmatit (střední radonový index, 1 objekt). Část obce Nový Hojkov leží na granitu, oba objekty jsou na horninách s vysokým radonovým indexem.

Soubor měřených budov a jejich stavebně technické charakteristiky z hlediska rizika pronikání radonu do objektů z podloží

V lokalitě Hrádek se celkem měřilo v 15 objektech; z toho bylo 12 rodinných domů, 1 bytová jednotka ve více bytovém objektu a 2 objekty občanské vybavenosti (obecní úřad a hasičská zbrojnice, resp. její společenská místnost/klubovna).

Téměř polovina měřených objektů v tomto území byla postavena před rokem 1950 (46,7 %), tři jsou dokonce z minulých století (dva rodinné domy z 19. století a zámek, jehož jedno podlaží bylo rekonstruováno na byty, z 16. století.) Z období po roce 1991, kdy již byla v platnosti legislativní úprava, která měla zamezit vstupu radonu z podloží do objektů, pocházejí pouze 2 stavby. Realizaci preventivních protiradonových opatření uvádí pouze jeden majitel objektu, který byl postaven v roce 2008.

Se stářím budov souvisí řada zásahů, které byly v objektech provedeny – od přístaveb (5 případů), přes přeměny neobytných prostor na obytné (3 případy) a rekonstrukce podlah (1 případ) až po úpravy snižující energetickou náročnost stavby (dvě třetiny objektů). Nejčastější úpravou snižující energetickou náročnost je výměna oken za nová lépe těsnící okna. Tu uvádějí majitelé všech objektů, které prošly rekonstrukcí. Zateplení fasády proběhlo pouze u jedné pětiny objektů, stejně jako zateplení střechy.

Pokud jde o dispozici staveb, jde ve dvou třetinách o objekty podsklepené nebo částečně podsklepené. Rodinné domy mají jedno (3 případy), dvě (11 objektů) nebo tři (1 objekt) nadzemní podlaží. Podzemní podlaží není v žádném z objektů využíváno k bydlení.

Použitý stavební materiál je většinou standardní pro danou lokalitu a starší zástavbu – cihla (více než dvě třetiny objektů), kámen (6 objektů), tvárnice (4 objekty). V jednom případě byly použity škvárobetonové tvárnice vlastní výroby.

Stáří budov odpovídá skladba vodorovných konstrukcí - v objektech je použit pro podlahy beton, případně beton s hydroizolací (celkem 80 % objektů), ve zbylé pětině pouze dusaná hlína, prkna na škvárovém podsypu, suchá kamenná nebo cihelná dlažba. Taková skladba podlah nemůže fungovat jako dostatečná protiradonová izolace a chránit interiér objektu před pronikáním radonu z podloží.

V části budov se objevují vlivem stáří poruchy budovy - u pětiny objektů trhliny v nadzemních konstrukcích, u čtvrtiny objektů vlhkost stěn, v 1 případě dokonce praskliny v podlaze. V 1 objektu zasahuje do obývacího pokoje zakrytá nepoužívaná studna. Je známé, že tento prvek může být významný z hlediska pronikání radonu do budovy, kdy voda ze studny může být přímým zdrojem radonu v místnosti, v tomto případě se ale tato přísunová cesta nepotvrdila.

Ve všech objektech se používá větrání infiltrací okny, pouze u objektu postaveného po roce 2000 je využit moderní způsob větrání ventilačními štěrbinami. Více než polovina objektů využívá ústřední vytápění, zbytek využívá lokální paliva (tuhá, elektřinu, plyn). V žádném z objektů se nevyužívá podlahové topení.

Stanovení průměrné hodnoty OAR ve vnitřním prostředí budovy


Ve vytipovaných objektech zájmového území byly v průběhu projektu umístěny integrální detektory ve dvou obdobích, v topné sezóně a mimo topnou sezónu. Výsledky byly sděleny vlastníkům objektů formou protokolu.

Pro charakterizaci výsledků v jednotlivých obcích byly použity standardní statistiky - minimum v obci, maximum v obci, průměrná hodnota za obec a podíl objektů přesahujících významné hodnoty. První z nich je referenční úroveň OAR 300 Bq/m³, která je podle vyhlášky 422/2016 Sb. hladinou, při jejímž překročení by majitelé měli usilovat o provedení protiradonového opatření. Druhou důležitou hodnotou je OAR 1000 Bq/m³, při jejímž překročení lze požádat o dotaci na provedení účinných opatření proti pronikání radonu do objektu.

Výsledky stanovení OAR pro jednotlivé objekty se liší podle období, kdy byly získány. Hodnoty získané převážně mimo topnou sezónu, jsou celkově nižší než ty, které byly zjištěny v topné sezóně. Rozdíly jsou zřejmé z tabulek Tab. 1 a Tab. 2.

Tab. 1 Výsledky měření OAR integrálními detektory mimo topnou sezónu - statistika za obce lokality Hrádek

HRÁDEK						
obec	počet objektů	OAR (Bq/m ³)				
		min	max	geom.průměr	nad 300	nad 1000
Hojkov	4	238	689	372	3	0
Dolní Cerekev	4	170	397	235	1	0
Nový Rychnov	4	144	405	209	1	0
Rohozná	3	245	384	299	1	0
celkem	15				6	0

 SÚRAO	Monitoring ovzduší z hlediska výskytu radonu a monitoring ionizujícího záření v místech známých anomálií	Evidenční označení:
		SÚRAO ZZ 272/2018

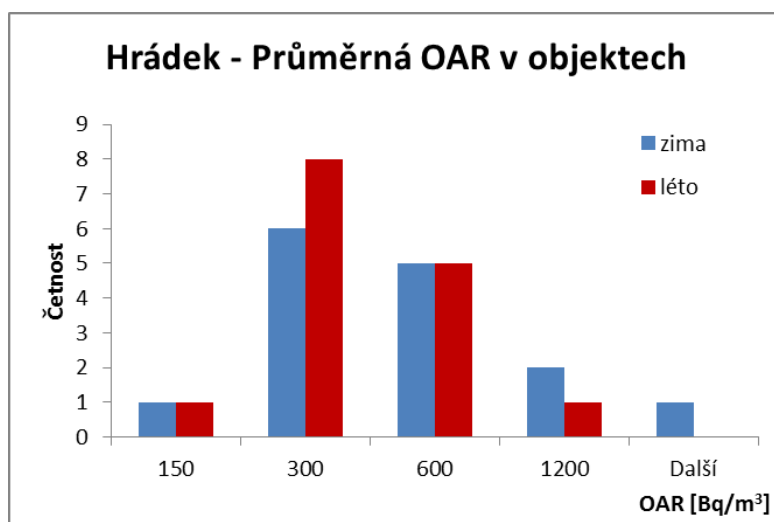
Tab. 2 Výsledky měření OAR integrálními detektory v topné sezóně - statistika za obce lokality Hrádek

HRÁDEK						
obec	počet objektů	OAR (Bq/m ³)				
		min	max	geom.průměr	nad 300	nad 1000
Hojkov	4	211	831	448	3	0
Dolní Cerekev	4	201	323	247	1	0
Nový Rychnov	4	144	1556	355	2	1
Rohozná	3	256	858	446	2	0
celkem	15				8	1

Podle výsledků získaných v zimě je zřejmé, že objekt s nejvyšší OAR se nachází v obci Nový Rychnov. Průměrná hodnota OAR ze dvou měření zde přesahuje 1000 Bq/m³. V případě zájmu majitele by v tomto objektu bylo možné provést bezplatné dlouhodobé doměření OAR ve všech obytných místnostech, pokud by byla překročena hodnota 1000 Bq/m³, mohl by se majitel ucházet se o dotaci ze státního rozpočtu na provedení opatření proti pronikání radonu do objektu v rámci státního projektu Radonový program ČR. Jedná se o řadový dům, kde lze podobný problém očekávat i v sousedních objektech. Přestože původně byl při návštěvě vysloven zájem o doměření, posléze bylo měření odmítnuto s tím, že provedení stavebních úprav by patrně bylo obtížné vzhledem k podloží pod objektem, které je tvořeno navážkou a je nestabilní. I když byla nabízena konzultace se stavařem, který má zkušenosti s prováděním protiradonových opatření, nebylo možné majitele přesvědčit.

Vzhledem k tomu, že horninové podloží z hlediska pronikání radonu je v celé oblasti velmi podobné, nabízí se jako grafický výstup histogram všech naměřených hodnot. Distribuce hodnot pro letní i zimní sezónu je znázorněna na Obr. 2.

Obr. 2 Výsledky stanovení průměrné OAR v objektech v lokalitě Hrádek integrální metodou



Z grafu je vidět, že distribuce hodnot OAR je přibližně log-normální s tím, že pro letní měření je rozdělení užší a maximální hodnota spadá do intervalu 600 - 1200 Bq/m³ na rozdíl od zimních hodnot OAR, kde maximální hodnota přesahuje 1200 Bq/m³.

Kontinuální monitorování OAR ve vnitřním prostředí budov

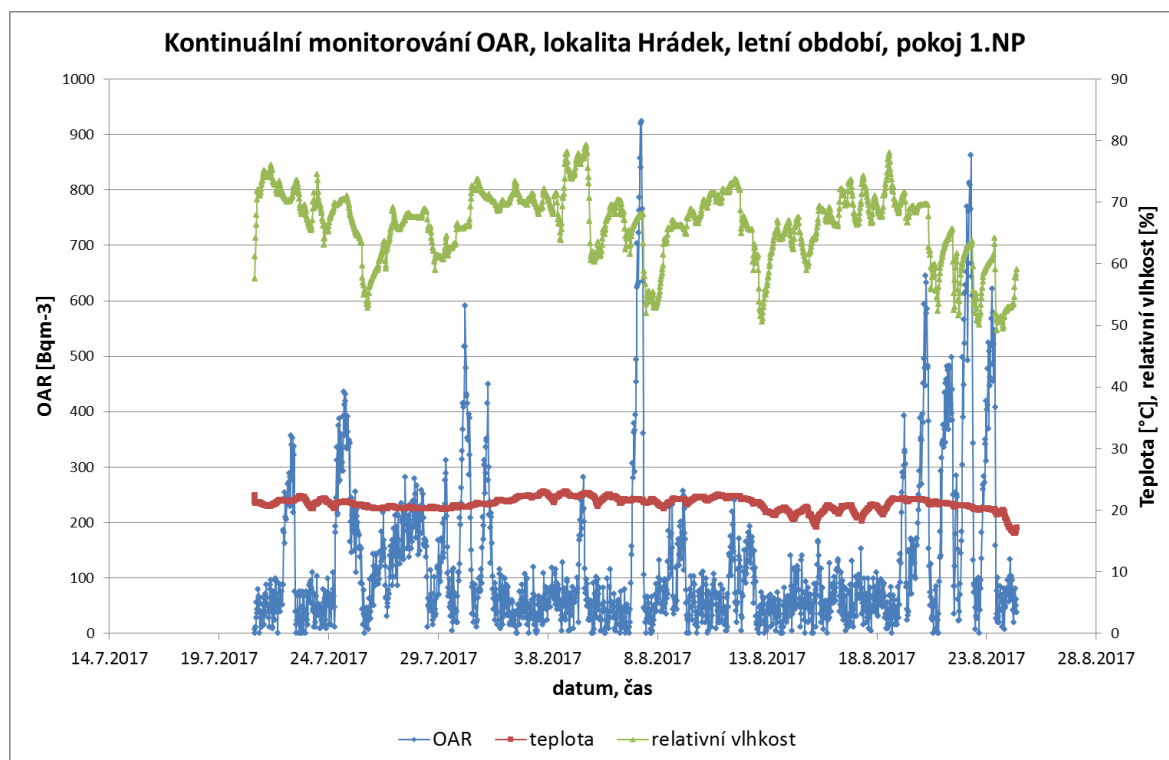
Ve všech objektech lokality Hrádek bylo provedeno monitorování průběhu OAR ve dvou obdobích roku, v topné a netopné sezóně. V jednom objektu (DC4) došlo k selhání přístroje a měření již nebylo možné zopakovat, data tedy chybí.

Standardním výstupem z monitoru je časová řada hodnot OAR v hodinovém intervalu, monitorování trvalo 1 měsíc.

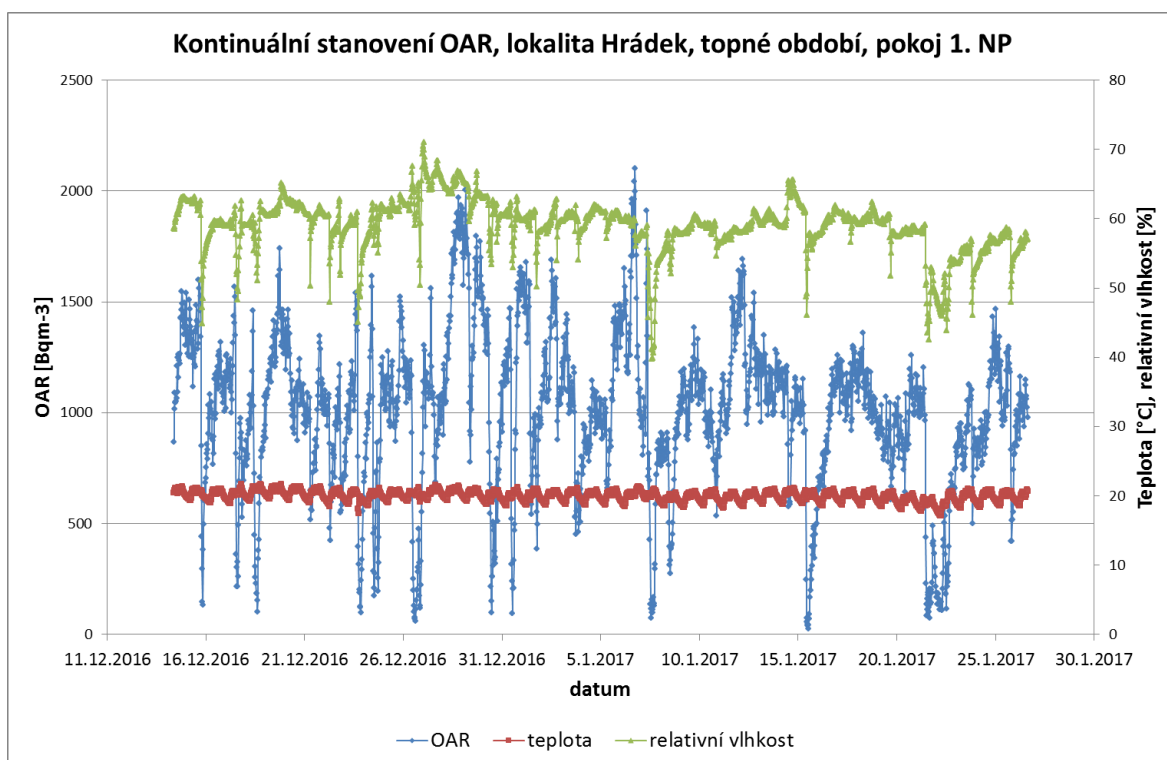
Kontinuální monitorování dokresluje výsledky integrálních měření a poskytuje důležité informace o dynamice změn koncentrace radonu v místnostech. Lze z nich odhadnout rychlost přísunu Rn-222 do místnosti, uživatelský režim, intenzitu větrání, závislost změn na diferenci teploty a vlhkosti a další parametry využitelné při radonové diagnostice. Výsledky kontinuálního monitorování vynesené v grafu jsou názorným výstupem pro majitele objektů, kteří díky nim často získají zájem o problematiku radonu v objektu.

Pro názornost uvádíme výstupy pro jeden z objektů zobrazené na Obr. 3 (letní průběh) a Obr. 4 (zimní průběh).

Obr. 3 Výsledky měsíčního monitorování OAR v letním období - lokalita Hrádek



Obr. 4 Výsledky měsíčního monitorování OAR v zimním období - lokalita Hrádek



Na grafech je vidět, že zimní průběh je daleko dynamičtější a OAR často dosahuje velmi vysokých hodnot. V létě se naopak OAR drží většinou pod 100 Bq/m³ a pouze výjimečně dochází k rychlému zvyšování hladin. Ze sklonu nárůstových křivek je zjevné, že pod tímto objektem je značný rezervoár radonu, který je schopen dostávat se při teplotním a tlakovém gradientu rychle do objektu a při nízkém větrání se kumulovat v místnostech.

3.1.2 Lokalita Horka

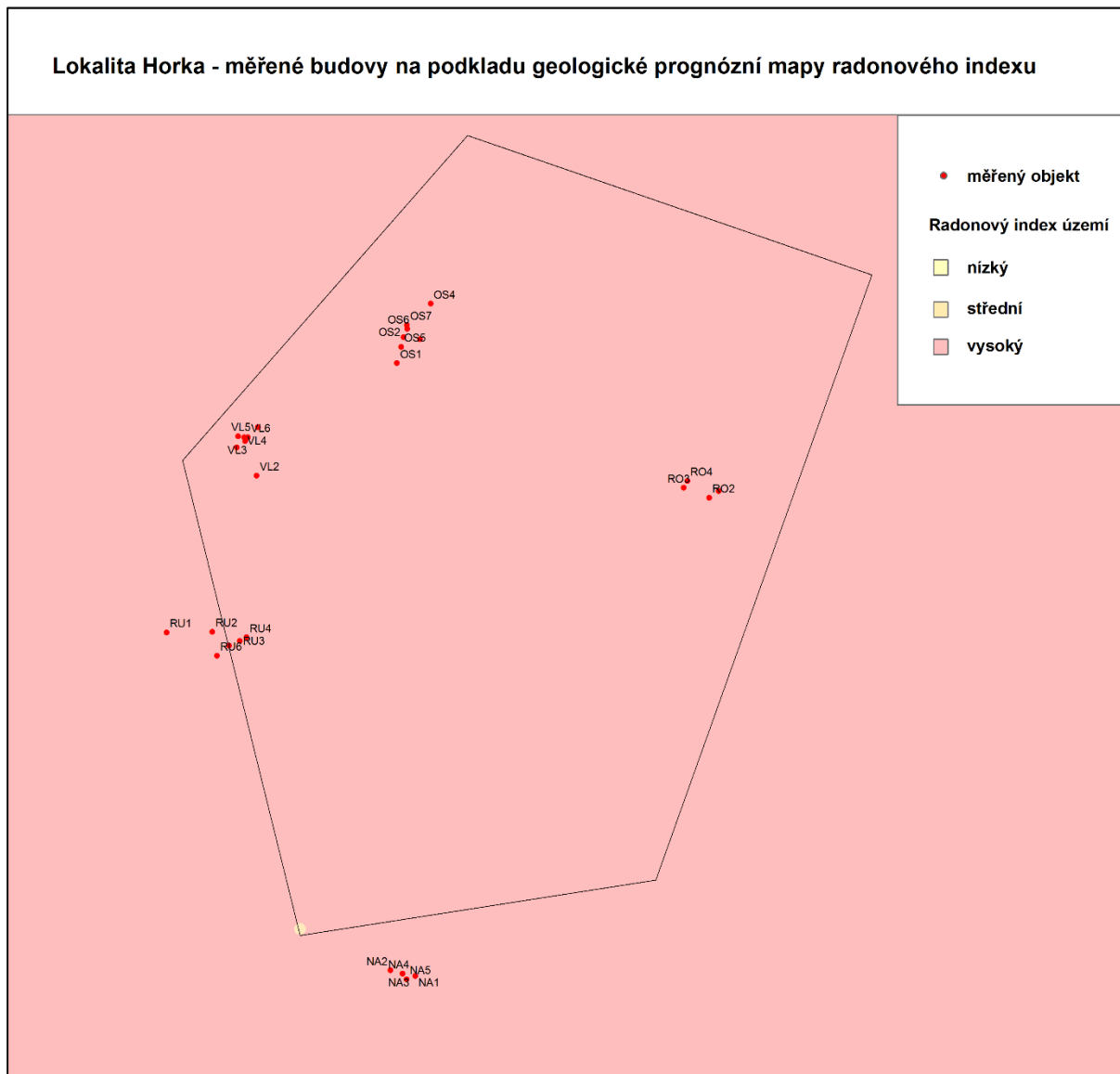
Lokalizace zájmového území a vybraných obcí a charakteristika podloží z hlediska radonového potenciálu území

Zájmové území Horka zahrnuje měřené obce Rudíkov, Nárameč, Oslavička, Vlčatín a Rohy. Území se rozprostírá jižně od Velkého Meziříčí v Kraji Vysočina. Rozložení obcí a vybraných objektů v rámci PÚZZK je znázorněno na obr. 2 v Příloze 1.

Podrobný obraz lokalizace osazených objektů v rámci zájmového území a radonového indexu celé oblasti je zřejmý z Obr. 5. Údaje týkající se prognózy radonového indexu byly převzaty z prognózní mapy radonového indexu (Barnet, 2001). Na prognózní mapě jsou odlišeny oblasti podle převažujícího rizika pronikání radonu do budov jako území s nízkým, středním nebo vysokým radonovým indexem. Mapu zpracovala Česká geologická služba a je volně přístupná na jejím mapovém serveru. Obce lokality Horka jsou na listech 23-42 (pro obce Nárameč, Rudíkov, Vlčatín, Oslavička) a 24-31 (pro obec Rohy). Obecná charakteristika hornin v zájmových územích byla zpracována podle údajů v Příloze 1.

Na jednotlivé objekty se v dalším textu odkazuje prostřednictvím jejich kódů, které jsou na Obr. 5 rovněž uvedeny.

Obr. 5 Lokalizace monitorovaných objektů v zájmovém území Horka na podkladu prognózní mapy radonového indexu



NÁRAMEČ

Celé katastrální území obce Nárameč je charakterizováno vysokým radonovým indexem. Jeden objekt je postaven na hornině granit až syenit křemenný (tzv. durbachit), zbytek mají vysoký index vzhledem k hlubším horninovým vrstvám pod kvartérním sedimentem. Tento sediment je u tří objektů charakterizován jako kamenitý až hlinitokamenitý sediment a u jednoho objektu jako nivní sediment (hlína, písek a štěrk).

OSLAVIČKA

Katastr obce Rudíkov patří rovněž pod území s vysokým radonovým indexem. Jeden z objektů má pod základy granit až syenit křemenný (tzv. durbachit), zbytek je lokalizován na kvartérních sedimentech, pod nimiž se nacházejí horniny s vysokým radonovým indexem. Navzájem se pak liší podle toho, jaký je převažující horninový typ kvartérního sedimentu: u 3 objektů jde o kamenitý až hlinito-kamenitý sediment, u 3 o hlínu, písek a štěrk.

RUDÍKOV

Obec Rudíkov je rozložena západně od silnice č. 360, na území s vysokým radonovým indexem. Všechny objekty, které byly zahrnuty do projektu, se nacházejí ve střední až severní části obce, kde je horninové podloží tvořeno granitem a syenitem křemenným (tzv. durbachitem).

VLČATÍN

Celé území obce Vlčatín lze podle Prognózní mapy radonového indexu charakterizovat jako území s vysokým radonovým indexem. Jeden měřený objekt byl postaven na granitu a křemenném syenitu (tzv. durbachit), další jsou lokalizovány na kvartérních sedimentech s hlouběji uloženými horninami s vysokým radonovým indexem. Podle typu kvartérního sedimentu jsou zastoupeny kamenitý až hlinito-kamenitý sediment ve 4 případech, hlína a písek v 1 případě a hlína, písek a štěrk v 1 případě.

ROHY

Podobně jako v Rudíkově jsou v Rohách všechny čtyři objekty vystaveny na podloží, jež je charakterizováno jako granit a křemenný syenit (tzv. durbachit).


Soubor měřených budov a jejich stavebně technické charakteristiky z hlediska rizika pronikání radonu do objektů z podloží

V lokalitě Horka se měřilo celkem ve 28 objektech. Z toho bylo 25 rodinných domů a 3 objekty občanské vybavenosti (v jedné obci obecní úřad a spojený objekt ZŠ a MŠ a v jedné obci objekt s obecním úřadem v 1. NP a mateřskou školou ve 2.NP. Vzhledem k tomu, že v 1 objektu sídlí dva právnické subjekty, evidujeme zde 29 sad měření.

Téměř polovina měřených objektů v tomto území byla postavena před rokem 1950 (46,4 %), nejstarším je rozsáhlý rekonstruovaný statek z konce 19. století. Z období po roce 1991, kdy již byla v platnosti legislativní úprava, které měla zamezit vstupu radonu z podloží do objektů, pochází 9 staveb (z toho 5 bylo postaveno dokonce po roce 2011). Uživatelé objektů postavených po roce 1991 až na jednoho svorně tvrdí, že při výstavbě bylo instalováno protiradonové opatření, nejčastěji položení protiradonová izolace, ve 4 případech doplněné přirozeným odvětráním podloží. V 7 případech uživatelé uvádějí, že pod objektem je propustná štěrková vrstva, izolace podlah však není nejméně v 6 případech doprovázena aktivním odvětráním podloží, jak je předepsáno v ČSN 73 0601. Obdobně je aktivní odvětrání povinné v případech použití podlahového vytápění, tj. v našem případě v 8 případech. Ani tam nikdo z uživatelů objektů neuvedl, že by měl aktivní odvětrání podloží nainstalované. Smutné je, že v pěti případech jde o objekty postavené v posledních letech, kdy byla norma již v platnosti.

Dva uživatelé objektů uvedli, že u nich byla provedena ozdravná protiradonová opatření, v jednom případě bylo použito jako opatření přirozené odvětrání podloží, ve druhém se provedla dodatečná izolace podlah.

Se stářím budov souvisí řada zásahů, které byly v objektech provedeny – od přístaveb (třetina objektů), přes přeměny neobytných prostor na obytné (pětina) a rekonstrukce podlah (třetina objektů) až po úpravy snižující energetickou náročnost stavby (dvě třetiny objektů). Nejčastější realizovanou úpravou při rekonstrukci je výměna oken za nová lépe těsnící okna. Tu uvádějí majitelé všech objektů, které prošly rekonstrukcí. Zateplení fasády proběhlo pouze u jedné čtvrtiny objektů, stejně jako zateplení střechy. Je zajímavé, že mezi objekty postavenými do roku 1990 zůstala původní okna pouze ve dvou případech.

 SÚRAO	Monitoring ovzduší z hlediska výskytu radonu a monitoring ionizujícího záření v místech známých anomálií	Evidenční označení:
		SÚRAO ZZ 272/2018

Pokud jde o dispozici staveb, jde v polovině případů o objekty podsklepené nebo částečně podsklepené. Stavby mají od 1 do 4 podlaží, většina je dvoupodlažních. V 1 objektu je podzemní podlaží využíváno k bydlení.

Jako stavební materiál byly většinou použity cihly, v polovině případů v kombinaci s kamenem. Ve 4 případech byly použity novější materiály - bloky z lehčeného betonu, dutinové keramické tvarovky a moderní konstrukce ze skla, plechů a hliníku v kombinaci se železobetonem.

U starších budov je pro vodorovné konstrukce (podlahy) použit beton bez hydroizolace a dusaná hlína, prkna na škvárovém podsypu, suchá kamenná nebo cihelná dlažba (celkem třetina objektů).

Pouze u 6 objektů se objevují vlivem stáří poruchy budovy - u 4 objektů trhliny v nadzemních konstrukcích, u 2 objektů vlhkost stěn. Ve dvou objektech se ve sklepě nacházejí otvory do zeminy, trativody nebo studánky.

Ve všech objektech se používá větrání infiltrací okny, pouze u jednoho objektu postaveného po roce 2000 je využit moderní způsob větrání ventilačními štěrbinami a nucená ventilace vnitřního vzduchu.


K vytápění v téměř 90 % objektů se využívá ústřední topení, ve zbylých objektech se využívají lokální paliva (tuhá, elektřina, plyn - WAW). V osmi objektech se využívá jako doplňkové vytápění podlahové topení, v pěti případech dokonce bytých prostorech.

Stanovení průměrné hodnoty OAR ve vnitřním prostředí budov

Ve vytipovaných objektech zájmového území byly v průběhu projektu umístěny integrální detektory ve dvou obdobích, v topné sezóně a mimo topnou sezónu. Výsledky byly sděleny vlastníkům objektů formou protokolu. Měření z jednoho objektu v letním období byly znehodnoceny.

Pro charakterizaci výsledků v jednotlivých obcích byly použity standardní statistiky - minimum v obci, maximum v obci, průměrná hodnota za obec a podíl objektů přesahujících významné hodnoty. První z nich je referenční úroveň OAR 300 Bq/m³, která je podle vyhlášky 422/2016 Sb. hladinou, při jejímž překročení by majitelé měli usilovat o provedení protiradonového opatření. Druhou důležitou hodnotou je OAR 1000 Bq/m³, při jejímž překročení lze požádat o dotaci na provedení účinných opatření proti pronikání radonu do objektu.

Výsledky stanovení OAR integrálním měřením pro jednotlivé objekty se liší podle období, kdy byly získány. Hodnoty získané převážně mimo topnou sezónu, jsou celkově nižší než ty, které byly zjištěny v topné sezóně. Rozdíly jsou zřejmé z Tab. 3 a Tab. 4.

 SÚRAO	Monitoring ovzduší z hlediska výskytu radonu a monitoring ionizujícího záření v místech známých anomálií	Evidenční označení:
		SÚRAO ZZ 272/2018

Tab. 3 Výsledky měření OAR integrálními detektory mimo topnou sezónu - statistika za obce lokality Horka

HORKA						
obec	počet objektů	OAR (Bq/m ³)				
		min	max	geom.průměr	nad 300	nad 1000
Rudíkov	6	83	1833	202	1	1
Nárameč	5	297	4269	1434	4	4
Oslavička	6	82	1629	260	2	1
Vlčatín	7	92	972	238	2	0
Rohy	4	181	453	332	3	0
celkem	28				12	6

Tab. 4 Výsledky měření OAR integrálními detektory v topné sezóně - statistika za obce lokality Horka

HORKA						
obec	počet objektů	OAR (Bq/m ³)				
		min	max	geom.průměr	nad 300	nad 1000
Rudíkov	6	122	2267	314	1	1
Nárameč	5	707	4918	2020	5	4
Oslavička	7	73	1314	338	3	1
Vlčatín	7	87	1406	296	3	1
Rohy	4	507	696	607	4	0
celkem	29				16	7

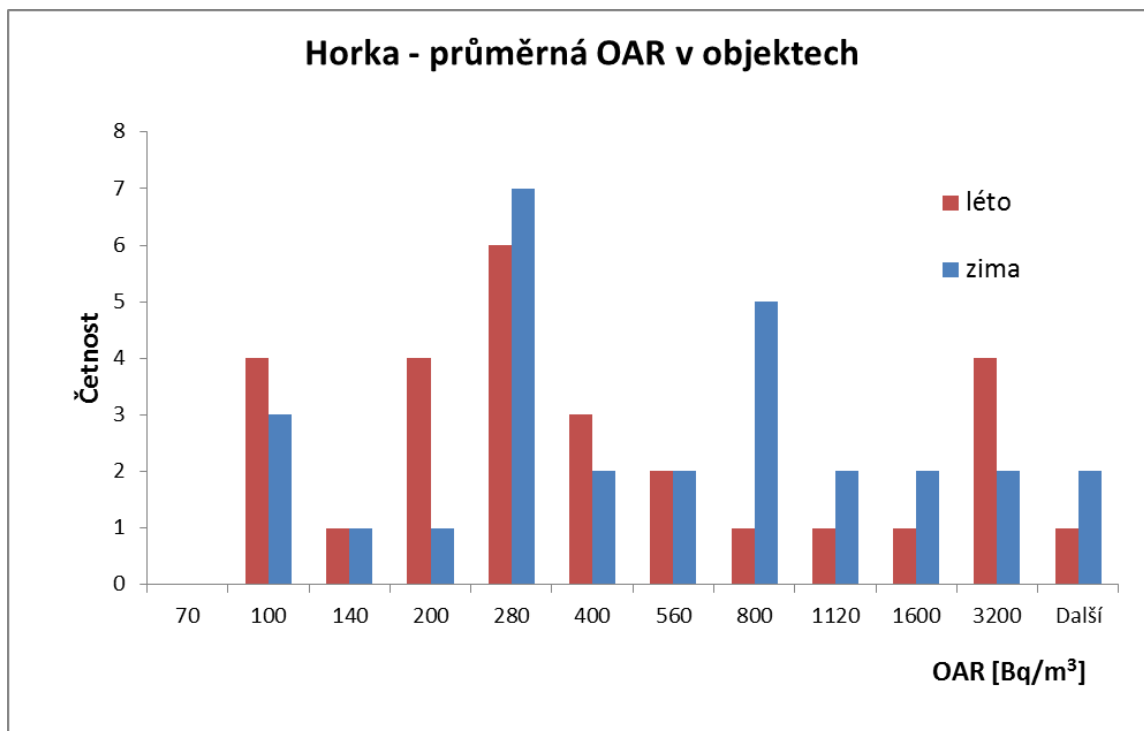
Podle naměřených výsledků je zřejmé, že oblast Horka je oblastí s vysokým radonovým indexem, jak ukazuje Obr. 5. Ve více než polovině objektů je průměrná hodnota ze dvou měření vyšší než referenční úroveň 300 Bq/m³, ve čtvrtině objektů dokonce přesahuje 1000 Bq/m³. Rozdíly mezi výsledky v topné a netopné sezóně nejsou tak markantní, jak by se dalo čekat. Z toho lze usoudit, že problémem mnoha objektů jsou chybějící nebo nedostatečná preventivní opatření proti pronikání radonu do objektů, která není možné kompenzovat intenzivním větráním okny. Je samozřejmě také možné, že z důvodu chladnějšího počasí na Vysočině je intenzita větrání i mimo topnou sezónu nižší a nedostačuje k efektivnímu snižování OAR v místnostech.

Tam, kde byly naměřeny velmi vysoké hodnoty, jsme majitelům objektů nabídli zařazení do projektu Radonový program ČR a bezplatné doměření OAR ve všech obytných místnostech objektů. Při potvrzení velmi vysokého průměru v objektu lze získat dotaci ze státního rozpočtu na provedení opatření proti pronikání radonu do budovy. Bohužel pouze 1 majitel

přijal naši nabídku, došlo k doměření OAR ve všech obytných místnostech, při němž byly vysoké hodnoty potvrzeny a majitel má možnost požádat si o poskytnutí dotace na stavební úpravy proti pronikání radonu do objektu. Druhým objektem, který byl po zjištění velmi vysokých hodnot doměřen, je školské zařízení v jedné z obcí.

Vzhledem k tomu, že horninové podloží z hlediska pronikání radonu je v celé oblasti velmi podobné, nabízí se jako grafický výstup histogram všech naměřených hodnot. Distribuce hodnot pro letní i zimní sezónu jsou znázorněny na Obr. 6.

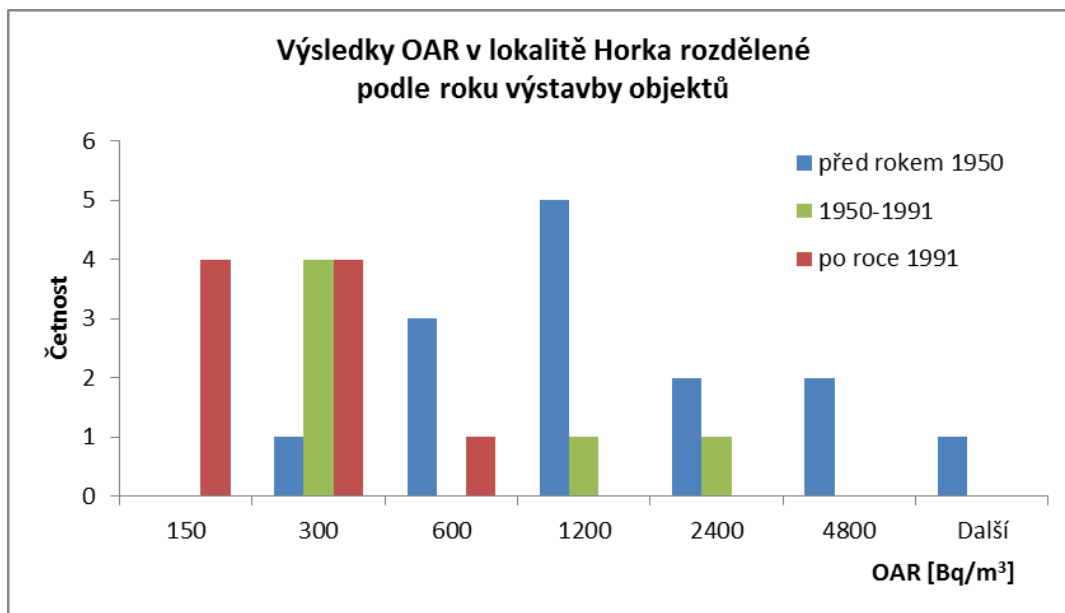
Obr. 6 Výsledky stanovení průměrné OAR v objektech v lokalitě Horka integrální metodou



Z grafu je vidět, že distribuce hodnot OAR není jednoduchá, rozhodně se nejedná o soubor s jedním rozdělením. Pokud bychom chtěli kvantifikovat parametry log-normálního rozdělení souboru hodnot, určitě by rozdělení bylo více modální. Pro numerickou analýzu je bohužel rozsah souboru velmi malý.

Nabízí se hypotéza, že rozdíly mezi výsledky pro jednotlivé budovy jsou způsobeny mírou realizované ochrany proti pronikání radonu, která se významně liší pro jednotlivá období, přitom charakter podloží je v celé oblasti srovnatelný. Proto byla provedena analýza výsledků OAR podle roku výstavby objektu. Výsledky jsou graficky prezentovány na Obr. 7.

Obr. 7 Integrální měření OAR v topné sezóně v objektech rozdělených podle roku výstavby (lokality Horka)



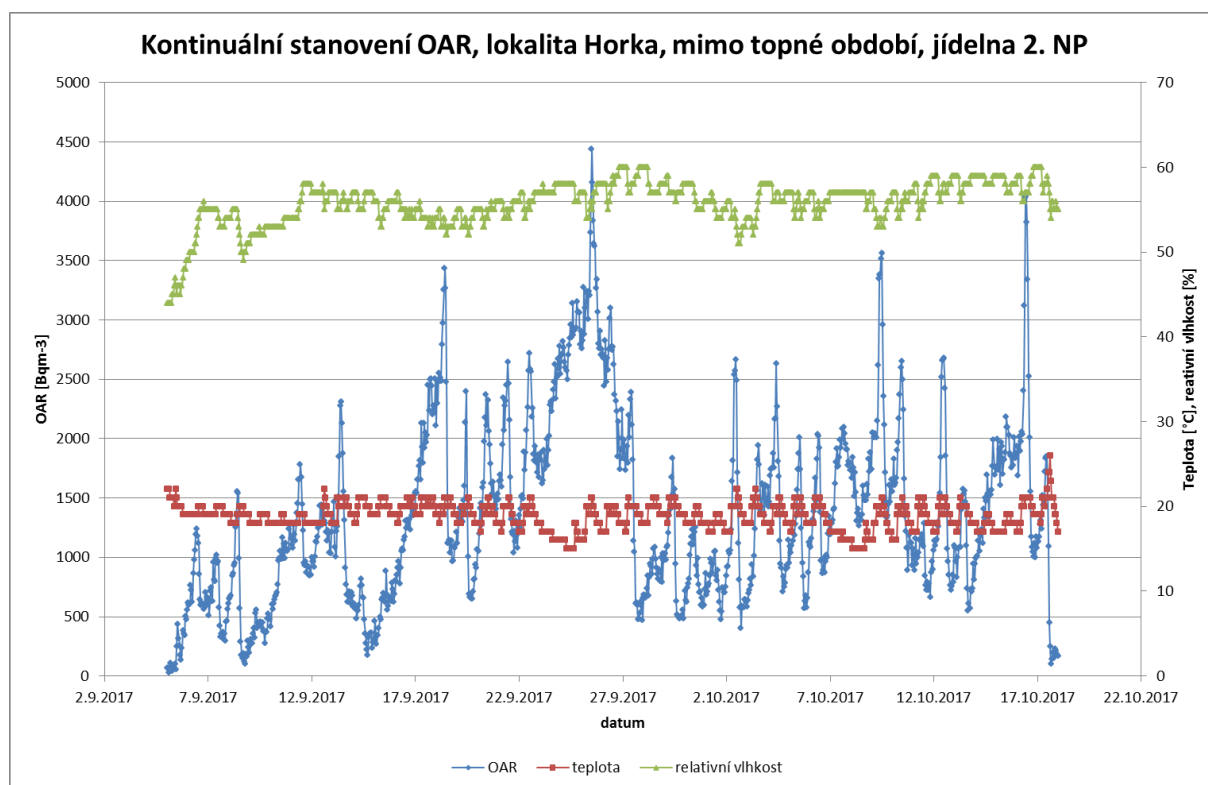
V souboru byly identifikovány 3 skupiny objektů z hlediska doby výstavby. První z nich jsou objekty postavené po roce 1991, tj. v době, kdy již byla zavedena povinnost chránit objekty proti pronikání radonu do objektů. V této skupině je pouze jeden objekt, který nespĺňuje platnou referenční úroveň. Další skupinou jsou objekty postavené do roku 1950 - v této době byly vodorovné konstrukce tvořeny převážně prkny nebo dusanou hlínou, případně neizolovaným betonem. Mezi nimi lze nalézt objekty s nejvyššími hodnotami OAR, přesahujícími až 4800 Bq/m³, zde naopak pouze jediný objekt splňuje současné požadavky na ochranu budov před radonem. Poslední skupinu tvoří objekty postavené mezi roky 1950 a 1991, kdy se již používal beton s hydroizolací, která částečně působí také jako ochrana objektu před radonem. Jde o skupinu "přechodnou", kde najdeme sice hodnoty vysoké, ale většina objektů nepřekračuje hodnotu 300 Bq/m³. Výsledky prokazují přínos současné legislativní úpravy postupů při výstavbě a nezbytnost jejich zachování, zejména v oblastech s vysokým radonovým indexem.

Kontinuální monitorování OAR ve vnitřním prostředí budov

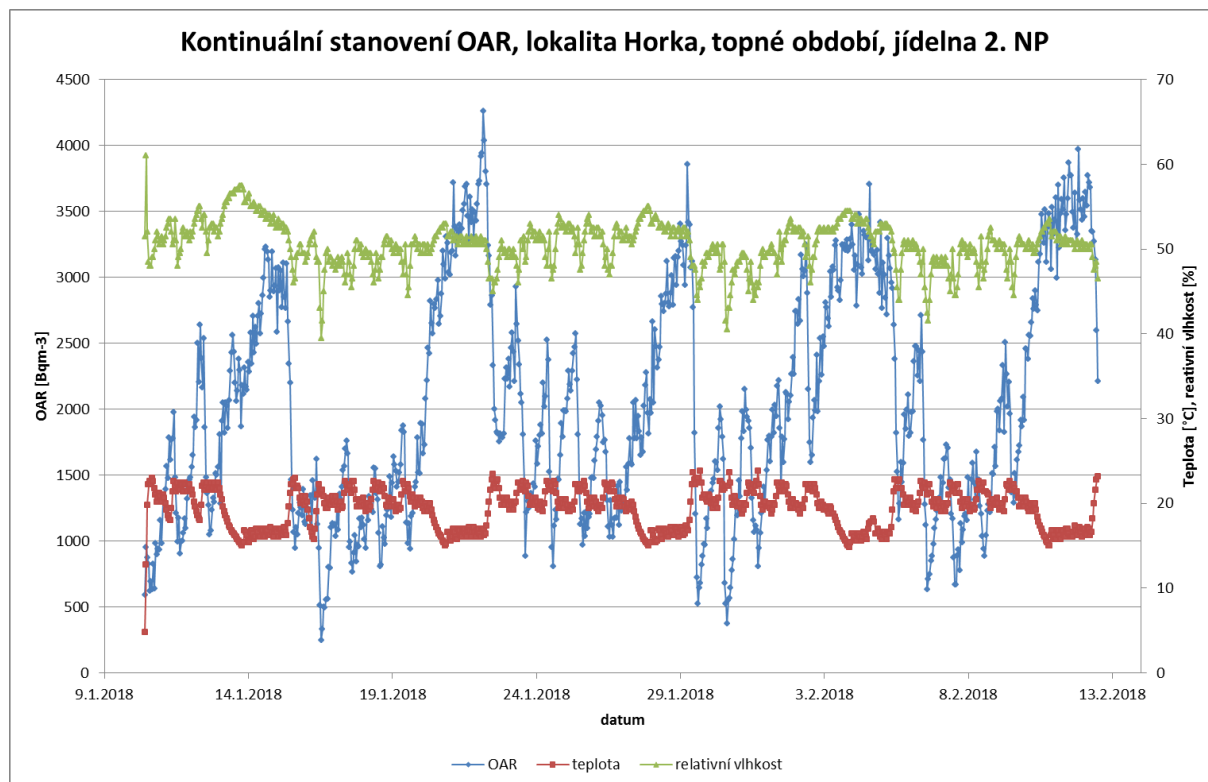
Ve všech objektech lokality Horka bylo provedeno monitorování průběhu OAR ve dvou obdobích roku, v topné a mimo topnou sezónu. V jednom případě (objekt RU2 mimo topnou sezónu) však došlo k selhání techniky, takže výsledky monitorování nejsou dostupné. Výstupem z monitoru je časová řada hodnot OAR v hodinovém intervalu v délce trvání 1 měsíc.

Výsledky monitorování potvrdily, že lokalita Horka je významně zatížena radonem, a doplnily tak výstupy získané integrálním měřením. Hlavním přínosem kontinuálního monitorování je možnost sledovat dynamické změny OAR v místnosti. Lze z nich odhadnout rychlost přísunu Rn-222 do místnosti, uživatelský režim, efektivitu větrání, závislost na změnách teploty a vlhkosti a další parametry. Výsledky kontinuálního monitorování vynesené v grafu jsou názorným výstupem pro majitele objektů, kteří díky nim často získají zájem o problematiku radonu v objektu. Jako příklad lze uvést výstupy pro jeden z objektů zobrazené na Obr. 8 (letní průběh) a Obr. 9 (zimní průběh). Jde o záznamy z objektu, ve kterém byla v této lokalitě nalezena nejvyšší hodnota.


Obr. 8 Výsledky měsíčního monitorování OAR v letním období - Horka



Obr. 9 Výsledky měsíčního monitorování OAR v zimním období - Horka



Tento objekt z lokality Horka vykazuje vysoké hodnoty OAR, a to v zimě i v létě. Nejde o objekt k bydlení, ale objekt využívaný pouze ve všední dny. Je vidět, že v zimě je průběh určován pravidelným týdenním režimem, kdy o víkendu dosahuje OAR kolem 3000 Bq/m³ a snižuje se opět až v pondělí ráno, přitom nejnižší hodnoty neklesají trvale pod 500 Bq/m³. Na

 SÚRAO	Monitoring ovzduší z hlediska výskytu radonu a monitoring ionizujícího záření v místech známých anomálií	Evidenční označení:
		SÚRAO ZZ 272/2018

grafu je patrný rovněž prodloužený víkend začátkem února (pololetní prázdniny). Na grafu je patrný také pokles teploty o víkendu.

Mimo topnou sezónu (zejména z počátku měření) není dynamika řízena pouze změnami teplot v objektu (ještě se netopilo), průběh je nestandardní. Opět je patrné volno kolem 27. 9., kdy se hodnoty OAR pohybují kolem 2500 Bq/m³. Velmi rychlý přísun do místnosti signalizuje silný zdroj v podloží objektu a nedostatečnou ochranu kontaktních konstrukcí.

3.1.3 Lokalita Kraví Hora

Lokalizace zájmového území a vybraných obcí a charakteristika podloží z hlediska radonového potenciálu území

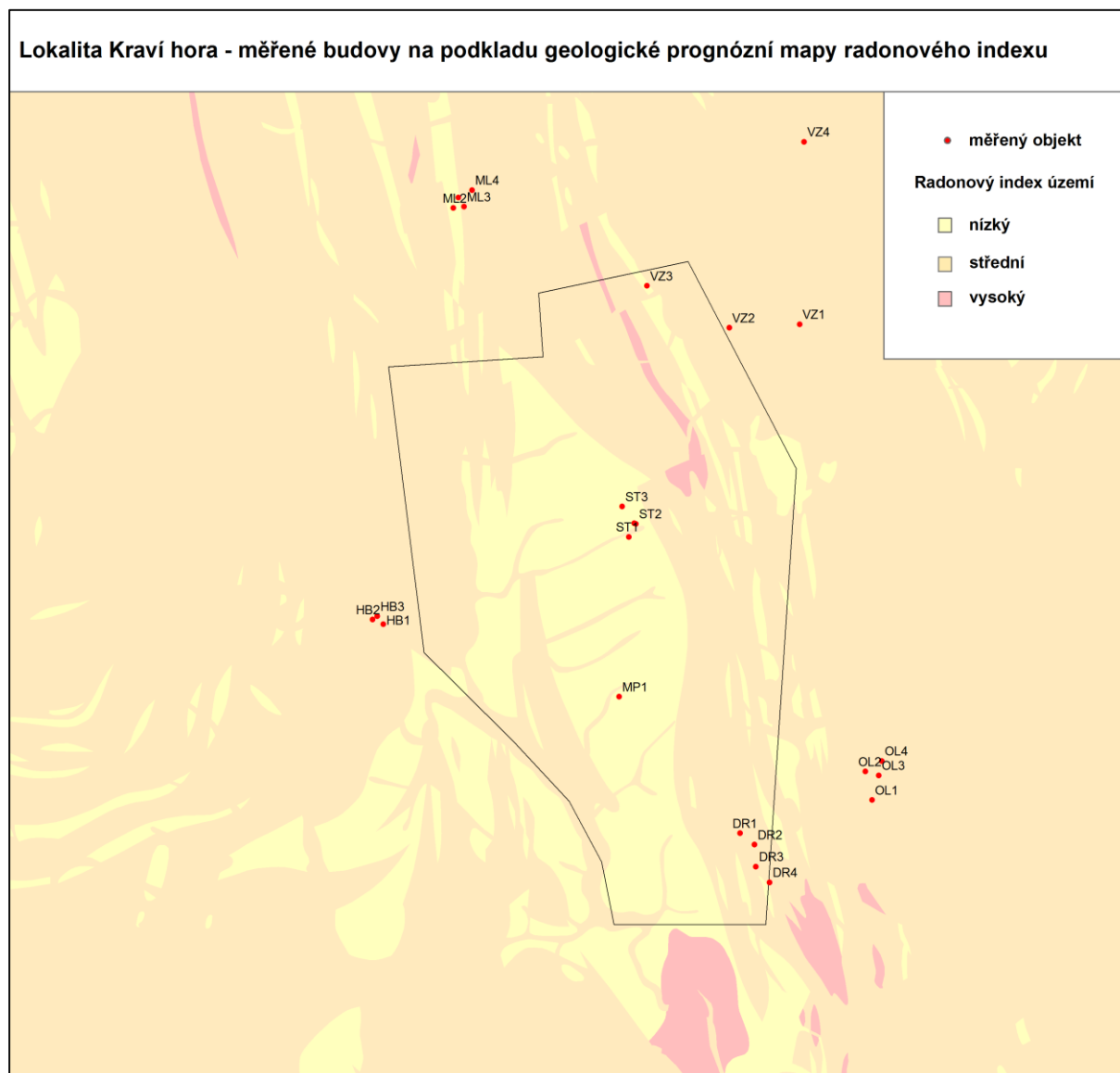
Zájmové území Kraví hora zahrnuje měřené obce Věžná, Milasín, Moravecké Pavlovice, Habří, Drahonín, Olší a Střítež. Území se rozprostírá jižně od Bystřice nad Pernštejnem, administrativně spadá do Kraje Vysočina a Jihomoravského kraje. Rozložení obcí a vybraných objektů v rámci PÚZZK je znázorněno na obr. 3 v Příloze 1.

Údaje týkající se prognózy radonového indexu byly převzaty z prognózní mapy radonového indexu (Barnet, 2001). Na prognózní mapě jsou odlišeny oblasti podle převažujícího rizika pronikání radonu do budov; na území s vysokým radonovým indexem je častější výskyt domů s vyššími koncentracemi OAR, naopak na území s nízkým radonovým indexem je nadměrně zatížených domů málo. Mapu zpracovala Česká geologická služba. Obce lokality Kraví hora jsou na listu 24-13. Obecná charakteristika hornin v zájmových územích byla zpracována podle údajů v Příloze 1.

Na jednotlivé objekty se v dalším textu odkazuje prostřednictvím jejich kódů, viz obrázek.

Celkový obraz lokalizace osazených objektů v rámci zájmového území Kraví hora a radonového indexu celé oblasti je zřejmý z Obr. 10. Údaje týkající se prognózy radonového indexu byly převzaty z prognózní mapy radonového indexu (Barnet, 2001). Na prognózní mapě jsou odlišeny oblasti podle převažujícího rizika pronikání radonu do budov; na území s vysokým radonovým indexem je častější výskyt domů s vyššími koncentracemi OAR, naopak na území s nízkým radonovým indexem je nadměrně zatížených domů málo. Mapu zpracovala Česká geologická služba. Obce lokality Kraví hora jsou na listu 24-13. Oblast lze z hlediska radonového indexu charakterizovat jako smíšené území. Převážná část plochy spadá do středního a nízkého radonového indexu, pouze v severovýchodní části je pruh charakterizovaný nízkým radonovým indexem.

Obr. 10 Lokalizace monitorovaných objektů v zájmovém území Kraví hora na podkladu prognózní mapy radonového indexu



MILASÍN

Obec Milasín k zájmovému území těsně přiléhá na severu. Území obce je rozděleno mezi oblast s nízkým radonovým indexem tvořenou amfibolity (2 objekty) a se středním radonovým indexem, který je tvořen rulou a migmatity (rovněž 2 objekty).

VĚŽNÁ

V katastru obce Věžná na severovýchodním okraji zájmového území je také smíšené horninové podloží tvořené svorem, pararulou, amfibolity a migmatity až ortorulou. Z těchto hornin je amfibolitům v prognózní mapě radonového indexu přiřazen nízký radonový index, na tomto podloží, a tudíž na nízkém indexu je tedy situován pouze 1 měřených objektů, ostatní tři jsou na středním radonovém indexu tvořeném ostatními horninami.

STŘÍTEŽ

Ve Stříteži bylo domluveno osazení 4 objektů, Po osazení zahajovací sady detektorů však uživatel jednoho z nich svůj souhlas s měřením odvolal, takže se podařilo dokončit pouze první vlnu integrálního měření, další již exponované detektory byly zničeny, takže ostatní měření proběhlo pouze ve třech objektech. Obec se nachází uprostřed zájmového území, zastavěné území je plně na nízkém radonovém indexu, tvořeném granulitem.

MORAVECKÉ PAVLOVICE

V Moraveckých Pavlovicích se podařilo osadit pouze 1 objekt, a to na podloží tvořeném granulitem, horninou s nízkým radonovým indexem. Druhou popsanou horninou v této obci je smíšený kvartérní sediment, který má díky hlouběji uloženým horninám přiřazen střední index.

OLŠÍ

V obci Olší jsou v podloží popsány 2 horniny: migmatit až ortorula a migmatit rohovec. Obě tyto horniny jsou zařazeny mezi horniny se středním radonovým indexem, takže všechny osazené objekty leží na tomto indexu.

HABŘÍ

Obec Habří je administrativně částí obce Moravecké Pavlovice a leží v jihovýchodním cípu zájmového území. Byly zde osazeny 3 objekty, které leží na rulovém podkladu, hodnoceném středním radonovým indexem.

Soubor měřených budov a jejich stavebně technické charakteristiky z hlediska rizika pronikání radonu do objektů z podloží

V lokalitě Kraví hora se měřilo celkem ve 24 objektech. Z toho byly 2 objekty občanské vybavenosti (1 obecní úřad, kde bylo měření předčasně ukončeno pro nespolupráci uživatele, a 1 objekt základní a mateřské školy), zbytek byly rodinné domy.

Téměř tři čtvrtiny měřených objektů v tomto území byly postaveny před rokem 1950 (74 %), vznik všech ale spadá do 20. století. Z období po roce 1991, kdy již byla v platnosti legislativní úprava, které měla zamezit vstupu radonu z podloží do objektů, pochází pouze 2 stavby. Pouze 1 uživatel objektu z tohoto století uvedl, že objekt byl při výstavbě chráněn proti pronikání radonu z podloží. V žádném z objektů nebylo realizováno následné technické opatření v proti pronikání radonu do objektu.

Se stářím budov souvisí řada zásahů, které byly v objektech provedeny – od přístaveb (40 % objektů), přes přeměny neobytných prostor na obytné (2 objekty) až po úpravy snižující energetickou náročnost stavby (tři čtvrtiny objektů). Nejčastější realizovanou úpravou při rekonstrukci je již tradičně výměna oken za nová lépe těsnící okna. Tu uvádějí majitelé všech objektů, které prošly rekonstrukcí. Zateplení fasády proběhlo pouze u čtyř objektů, stejně jako zateplení střechy. Je zajímavé, že mezi objekty postavenými do roku 1990 zůstala původní okna pouze ve třech případech.

Pokud jde o dispozici staveb, jde v 60 % případů o objekty podsklepené nebo částečně podsklepené. Stavby mají od 1 do 2 podlaží, většina je dvoupodlažních.

Jako stavební materiál byly většinou použity cihly, ve třetině případů v kombinaci s kamenem. Ve 3 případech byly použity novější materiály - bloky z lehčeného betonu a dutinové keramické tvarovky.

Téměř u poloviny budov je pro vodorovné konstrukce (podlahy) použit beton bez hydroizolace a dusaná hlína, prkna na škvárovém podsypu, suchá kamenná nebo cihelná dlažba. Zbytek budov uvádí, že kontaktní konstrukce tvoří beton s hydroizolací. U 12 objektů se objevují vlivem stáří poruchy budovy - u pětiny objektů trhliny v nadzemních konstrukcích a u dvou pětin objektů vlhkost stěn.

Téměř ve všech objektech se používá větrání infiltrační okny, pouze u jednoho objektu způsob větrání ventilačními štěrbinami. Všechny objekty využívají ústřední vytápění, dva mají navíc lokální systém topení na tuhá paliva. V jednom objektu je v koupelně a v některých obytných místnostech rozvedeno rovněž podlahové topení.

Stanovení průměrné hodnoty OAR ve vnitřním prostředí budov


Ve vytipovaných objektech zájmového území byly v průběhu projektu umístěny integrální detektory ve dvou obdobích, v topné sezóně a mimo topnou sezónu. Výsledky byly sděleny vlastníkům objektů formou protokolu. Měření z jednoho objektu v letním období byly znehodnoceny.

Pro charakterizaci výsledků v jednotlivých obcích byly použity standardní statistiky - minimum v obci, maximum v obci, průměrná hodnota za obec a podíl objektů přesahujících významné hodnoty. První z nich je referenční úroveň OAR 300 Bq/m³, která je podle vyhlášky 422/2016 Sb. hladinou, při jejímž překročení by majitelé měli usilovat o provedení protiradonového opatření. Druhou důležitou hodnotou je OAR 1000 Bq/m³, při jejímž překročení lze požádat o dotaci na provedení účinných opatření proti pronikání radonu do objektu.

Výsledky stanovení OAR pro jednotlivé objekty se liší podle období, kdy byly získány. Hodnoty získané převážně mimo topnou sezónu, jsou celkově nižší než ty, které byly zjištěny v topné sezóně. Rozdíly jsou zřejmé z Tab. 5 a Tab. 6.

Tab. 5 Výsledky měření OAR integrálními detektory mimo topnou sezónu - statistika za obce lokality Kraví hora

KRAVÍ HORA						
obec	počet objektů	OAR (Bq/m ³)				
		min	max	geom.průměr	nad 300	nad 1000
Věžná	4	98	402	176	1	0
Milasín	4	96	407	199	1	0
Drahonín	4	45	362	112	1	0
Moravecké Pavlovice	1	25	25		0	0
Habří	3	143	858	392	2	0
Olší	4	96	407	191	1	0
Střítež	3	88	99	93	0	0
celkem	23				6	0

 SÚRAO	Monitoring ovzduší z hlediska výskytu radonu a monitoring ionizujícího záření v místech známých anomálií	Evidenční označení:
		SÚRAO ZZ 272/2018

Tab. 6 Výsledky měření OAR integrálními detektory v topné sezóně - statistika za obce lokality Kraví hora

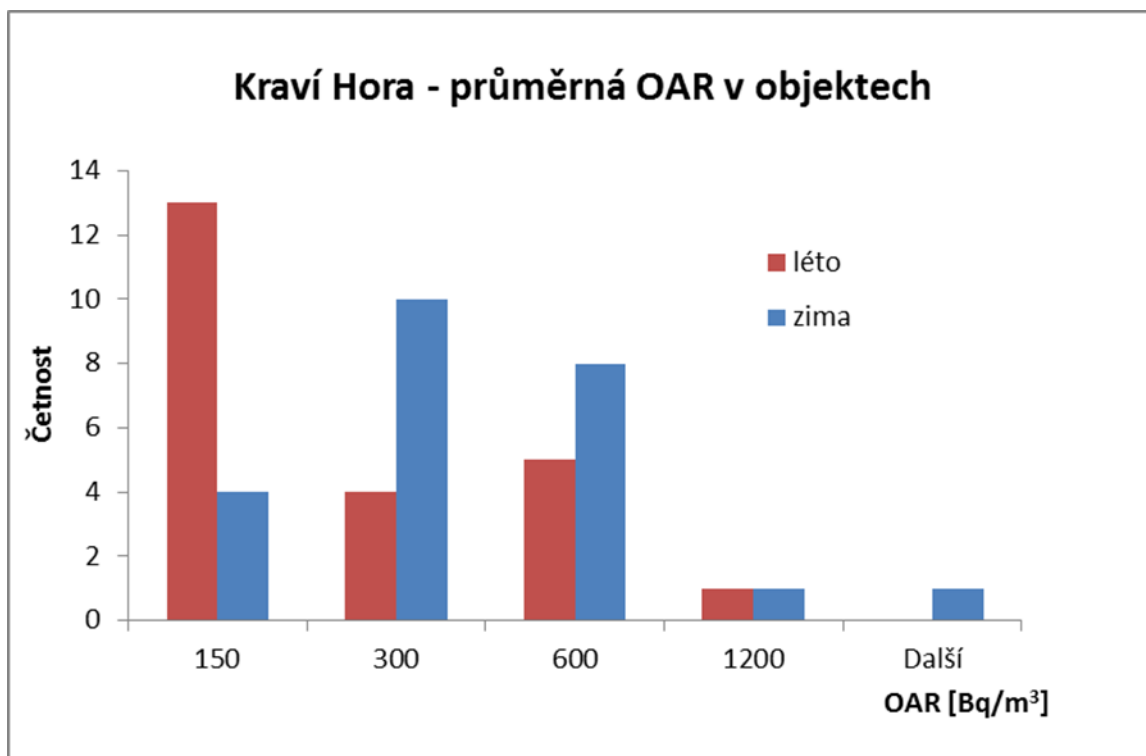
KRAVÍ HORA						
obec	počet objektů	OAR (Bq/m ³)				
		min	max	geom.průměr	nad 300	nad 1000
Věžná	4	161	493	226	1	0
Milasín	4	237	391	300	2	0
Drahonín	4	83	424	233	2	0
Moravecké Pavlovice	1	57	57		0	0
Habří	3	242	2032	782	2	1
Olší	4	181	462	343	3	0
Střítež	4	72	176	126	0	0
celkem	24				10	1

Podle naměřených výsledků je zřejmé, že oblast Kraví hora je oblastí, která není radonem příliš zatížena, to ostatně odpovídá charakteru podloží. Pouze v jednom objektu překročily výsledky měření hodnotu 1000 Bq/m³. Vzhledem k tomu, že v objektech v mnoha případech není použita protiradonové izolace, je výskyt výsledků nad referenční úroveň pochopitelný. Rozdíly mezi výsledky za obec mezi topnou a netopnou sezónou jsou zřetelné: průměry za topnou sezónu jsou zhruba na dvou třetinách průměrů z topné sezóny.

Horninové podloží z hlediska pronikání radonu je v širší oblasti podobné, byl proto připraven grafický výstup - histogram všech naměřených hodnot. Distribuce hodnot pro letní i zimní sezónu je znázorněno na Obr. 11.

Soubor objektů je z hlediska stáří objektu a z něj vyplývající míra ochrany před pronikáním radonu z podloží poměrně homogenní, takže výsledný soubor má rozdělení blízké log-normálnímu. Z grafu je vidět, že výsledky získané v topné sezóně jsou posunuty k vyšším hodnotám.

Obr. 11 Výsledky stanovení průměrné OAR v objektech v lokalitě Kraví hora integrální metodou



Kontinuální monitorování OAR ve vnitřním prostředí budov

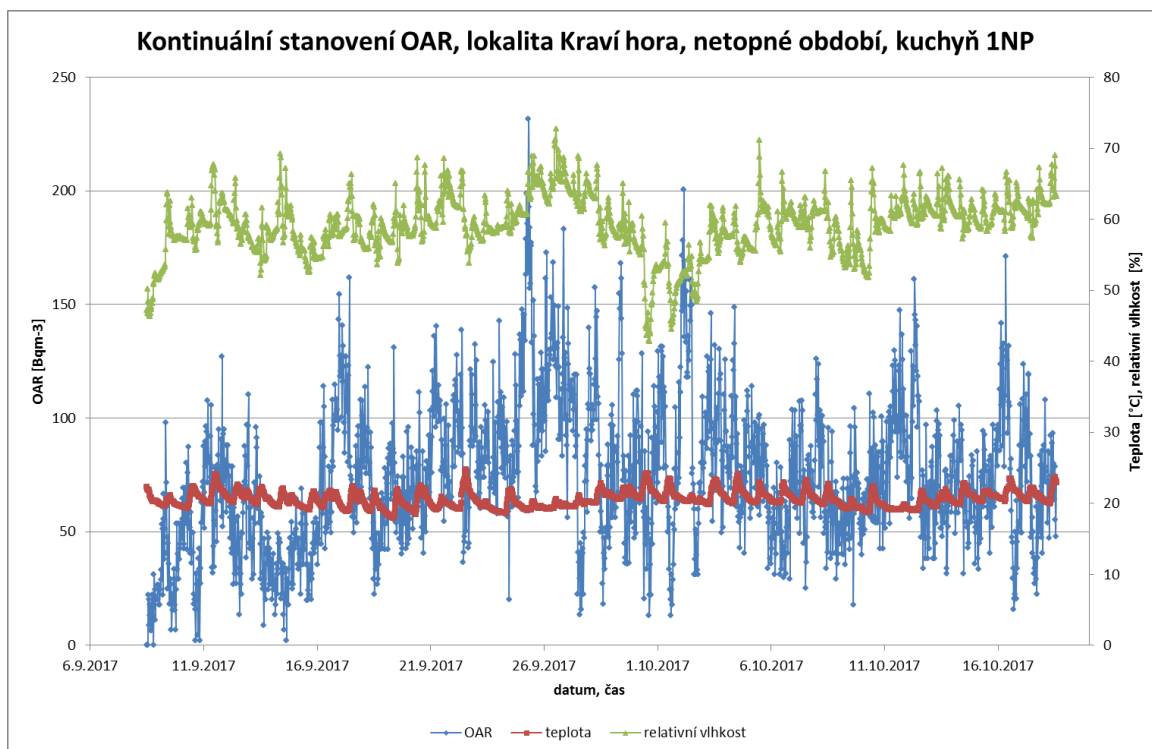
Ve všech objektech lokality Kraví hora (s výjimkou objektu, kde byla spolupráce přerušena předčasně uživatelem objektu), mělo být provedeno monitorování průběhu OAR ve dvou obdobích roku, v topné a netopné sezóně. Ve třech případech bohužel opět došlo k selhání techniky, takže výsledky monitorování v objektech OL2, ST1 a ST3 v topné sezóně nejsou dostupné.

V objektu MP1 se z důvodu zhoršené spolupráce majitele nepodařilo kontinuální monitor v létě vůbec osadit, takže výsledky tohoto měření chybí. Ke konci projektu probíhala komunikace s majitelem tohoto objektu pouze na dálku, kdy integrální detektory bylo možné pro jejich snadnou obsluhu a nízkou cenu zanechat při nepřítomnosti majitele na klíče objektu. U kontinuálního monitoru tento postup nebylo možné využít.

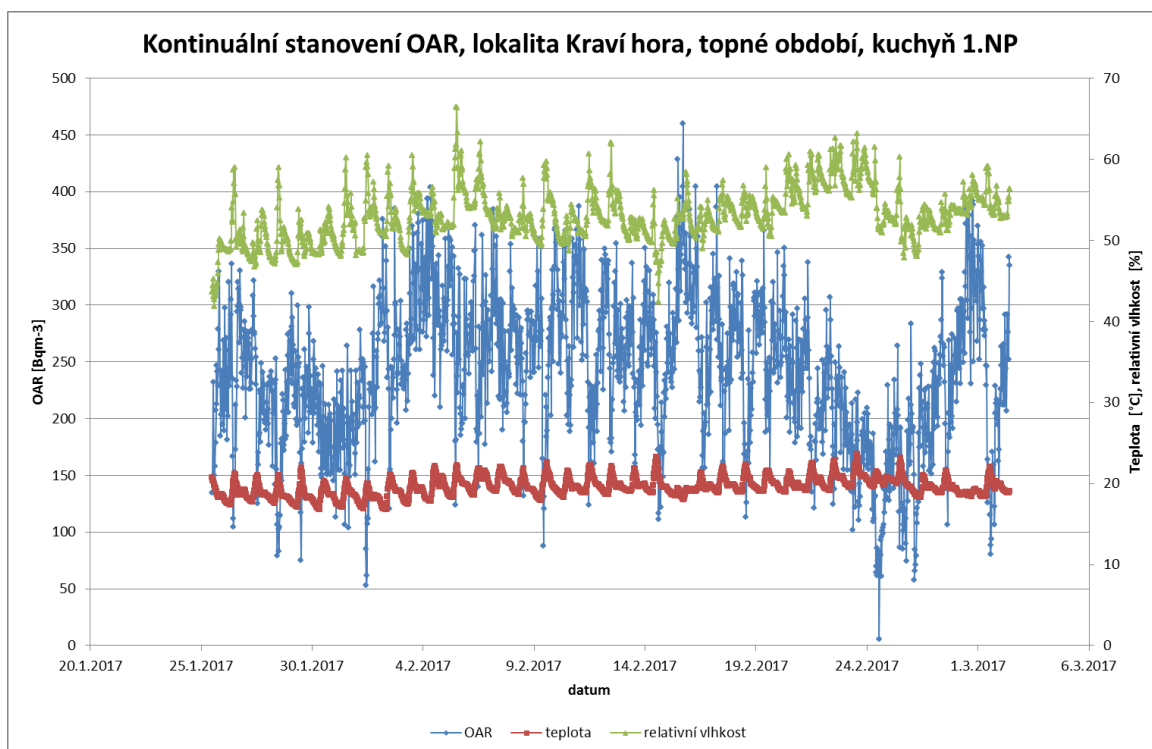
Výstupem z monitoru je časová řada hodnot OAR v hodinovém intervalu v délce trvání 1 měsíc. Hlavním přínosem kontinuálního monitorování je možnost sledovat dynamické změny OAR v místnosti. Lze z nich odhadnout rychlost přísunu Rn-222 do místnosti, uživatelský režim, efektivitu větrání, závislost na změnách teploty a vlhkosti a další parametry využitelné při radonové diagnostice. Výsledky kontinuálního monitorování vynesené v grafu lze s výhodou využít při komunikaci s majiteli objektů, pro něž jsou dostatečně názorné a srozumitelné a často jim zpřístupní ideálně problematickou radonu.


Jako příklad je uveden záznam monitorování v 1 z objektů lokality v obou měřených obdobích, topném (Obr. 12) a netopném (Obr. 13). Z obrázků je vidět, že průběh je podobný v obou měřených obdobích, jsou patrné denní cykly, pouze v létě se hodnoty drží kolem nižších hodnot. Letní fluktuace jsou částečně dány technickými parametry monitoru, hodnoty pod 100 Bq/m³ mají značnou nejistotu.

Obr. 12 Výsledky měsíčního monitorování OAR v netopném období - lokalita Kraví hora



Obr. 13 Výsledky měsíčního monitorování v topném období - lokalita Kraví hora



 SÚRAO	Monitoring ovzduší z hlediska výskytu radonu a monitoring ionizujícího záření v místech známých anomálií	Evidenční označení:
		SÚRAO ZZ 272/2018

3.1.4 Závěry z měření radonu ve vnitřním ovzduší staveb

- Měření radonu ve vnitřním ovzduší staveb je vhodným nástrojem z hlediska *public relations*. Poskytuje řadu informací o technickém stavu objektu a o kvalitě ovzduší v interiéru. Řada majitelů zvažujících rekonstrukci může tyto podklady využít pro stanovení jejího optimálního rozsahu a vhodnosti použitých materiálů.
- V případě, že jsou v objektu změřeny vysoké hodnoty OAR, je možné následně zahrnout objekt do státního projektu Radonový program, který umožňuje zdarma ověřit, zda je majiteli možné poskytnout státní dotaci na realizaci protiradonových opatření.
- Projekt podobného rozsahu zahrnující více návštěv v objektech musí počítat s tím, že s časem se bude snižovat ochota občanů vycházet vstříc potřebám mobilních skupin a strpět měření v předem domluvenou dobu. Snižující se zájem občanů by bylo možné podpořit poskytováním odměny za měření, a to i když bude snaha maximálně vyhovět jejich požadavkům a realizovat návštěvu např. o víkendu.
- Výsledky kontinuálního monitorování vynesené v grafu jsou dobrým ilustrativním sdělením pro majitele objektů. Ukazují názorně, jak výrazné je kolísání hodnot OAR v čase a jaký vliv na průběh OAR mají různé uživatelské režimy. Konfrontace obyvatel s časovým záznamem OAR v jejich domě podle našich zkušeností často vede k většímu zájmu o ozáření z radonu a nastavení rozumného režimu větrání. Je tak velmi důležitým výsledkem v oblasti *public relation* a je velmi přínosné pro zvyšování vzdělanosti a informovanosti obyvatel, což je zejména v oblastech s vyšší zátěží od radonu velmi důležité. V rámci projektu nebylo bohužel možné tento závěrečný výstup realizovat. Všechny výsledky byly totiž k dispozici až poté, co zájem obyvatel po dvouletém projektu a více než šesti návštěvách opadl.
- Při dalším podobném projektu by bylo vhodné změnit logistiku návštěv a zvážit pouze jedno integrální měření (roční období) a jedno kontinuální monitorování (v topném období) s tím, že výsledky integrálních měření i kontinuálního monitorování by se prezentovaly najednou a v objektu by byly realizovány maximálně čtyři návštěvy - poslední by se využila pro předání výsledků a diskusi nad nimi.
- Při projektu tohoto rozsahu se může stát, že majitel objektu se dostane do nové situace, která mu znemožní pobývat doma a přebírat techniku, případně předávat exponované detektory, např. při změně zaměstnání. S následnou ztrátou výsledků se musí počítat a je potřeba se vždy maximálně přizpůsobit časovým možnostem účastníků výzkumu.

3.2 Monitorování objemové aktivity radonu v podloží – stanovení radonového indexu pozemku

Pro potřeby stanovení radonového indexu bylo na jednotlivých zájmových územích vybráno celkem 30 lokalit, přednostně v místě zjištěných radiometrických anomálií (celkem 14 případů) nebo v intravilánu obce na žádost nebo po dohodě s vlastníkem pozemku (16 případů).

V Tab. 7 je uveden celkový přehled stanovení radonového indexu pozemku. Jednotlivé sloupce reprezentují lokalitu PÚZZZK, katastrální území s číslem parcely, výsledek stanovení RIP, včetně číselného vyjádření radonového potenciálu, číslo protokolu a identifikační číslo anomálie v případě měření v místě radiometrické anomálie. Ke každému stanovení RIP byl vystaven Protokol o stanovení radonového indexu pozemku v souladu


s legislativními a metodickými požadavky SÚJB. Jednotlivé protokoly jsou součástí elektronické Přílohy E a listinné Přílohy I.

Tab. 7 Souhrnný přehled stanovení radonového indexu pozemku

Lokalita PÚZZZK	Katastrální území (č. parc.)	Radonový index pozemku (radonový potenciál RP)	Protokol	Číslo anomálie
Kraví hora	Bukov na Moravě (č. parc.340/1)	Střední (33)	242-072-2017/ZRIP	250/093C
Kraví hora	Drahonín (č. parc. 67, 68, 70, 71)	Vysoký (95)	242-063-2017/ZRIP	10/093D
Kraví hora	Drahonín (č. parc. 240/7)	Vysoký (102)	242-059-2017/ZRIP	9/093D
Kraví hora	Drahonín (č. parc. 752)	Střední (18)	242-061-2017/ZRIP	
Kraví hora	Drahonín (č. parc. 1056/11)	Vysoký (41)	242-060-2017/ZRIP	
Kraví hora	Habří (č. parc. 50)	Vysoký (46)	242-062-2017/ZRIP	
Kraví hora	Habří (č. parc. 136/1 a 137/1)	Vysoký (44)	242-073-2017/ZRIP	254/093C
Kraví hora	Habří (č. parc. 411)	Vysoký (57)	242-065-2017/ZRIP	
Kraví hora	Milasín (č. parc. 87/2)	Vysoký (41)	242-066-2017/ZRIP	
Kraví hora	Moravecké Pavlovice (č. parc. 146/1)	Střední (24)	242-070-2017/ZRIP	
Kraví hora	Moravecké Pavlovice (č. parc. 199)	Střední (25)	242-071-2017/ZRIP	
Kraví hora	Střítež u Bukova (č. parc. 410/3 a 425/2)	Vysoký (64)	242-068-2017/ZRIP	4/093D
Kraví hora	Střítež u Bukova (č. parc. 446/1)	Vysoký (130)	242-067-2017/ZRIP	8/093D
Kraví hora	Věžná na Moravě (č. parc. 500/11)	Střední (19)	242-064-2017/ZRIP	
Kraví hora	Věžná na Moravě (č. parc. 500/21)	Střední (15)	242-069-2017/ZRIP	
Horka	Osové (č. parc. 323)	Vysoký (357)	242-074-2017/ZRIP	
Horka	Oslavice	Vysoký (497)	242-075-2017/ZRIP	

	(č. parc. 197) Osové (č. parc. 281)			
Horka	Hodov (č. parc.1541/10)	Vysoký (229)	242-041-2018/ZRIP	320/105-A
Horka	Hodov (č. parc. 1618)	Vysoký (191)	242-044-2018/ZRIP	
Horka	Hodov (č. parc. 3231/11)	Vysoký (1210)	242-040-2018/ZRIP	61/104-B
Horka	Hodov (č. parc. 3338, 3362)	Vysoký (180)	242-043-2018/ZRIP	65/104-B
Horka	Hodov (č. parc. 677/2)	Vysoký (905)	242-042-2018/ZRIP	318/105-A
Horka	Hodov (č. parc. 4966/2, 1913/1, 1886)	Vysoký (549)	242-045-2018/ZRIP	60/104-B
Horka	Oslavička (č. parc. 275/14, 275/29, 276/6)	Vysoký (254)	242-006-2018/ZRIP	54/104-B
Horka	Vlčatín (č. parc. 1862/1, 1734/2)	Vysoký (4500)	242-039-2018/ZRIP	37/104-B
Hrádek	Dolní Cerekev (č. parc. 242/1)	Střední (20)	242-094-2016/ZRIP	
Hrádek	Hojkov (č. parc. 2535)	Vysoký (64)	242-046-2018/ZRIP	
Hrádek	Rohozná u Jihlavy (č. parc. 2658)	Střední (3)	242-047-2018/ZRIP	
Hrádek	Rohozná u Jihlavy (č. parc. 3407)	Vysoký (127)	242-048-2018/ZRIP	
Hrádek	Rohozná u Jihlavy (č. parc. 3413)	Vysoký (99)	242-036-2018/ZRIP	73/091-D

Cílem radonového průzkumu je zařídění měřeného pozemku z hlediska rizika pronikání radonu z podloží do vnitřního prostředí budov. Míru rizika pronikání radonu z geologického podloží na daném pozemku popisuje radonový index pozemku, který nabývá hodnot – *nízký* – *střední* – *vysoký*. Stanovení radonového indexu pozemku vychází z posouzení distribuce hodnot objemové aktivity radonu (Rn-222) v půdním vzduchu a plynopropustnosti zemin a hornin. Výsledky stanovení RIP slouží jako podklad pro návrh preventivních protiradonových opatření při výstavbě nových budov nebo rekonstrukci stávajících staveb. Na základě zařídění stavebního pozemku a numerických údajů třetího kvartilů souboru stanovení OAR v půdním vzduchu a plynopropustnosti základových zemin a na základě technických

 SÚRAO	Monitoring ovzduší z hlediska výskytu radonu a monitoring ionizujícího záření v místech známých anomálií	Evidenční označení:
		SÚRAO ZZ 272/2018

parametrů stavby (hloubka a způsob založení stavby, dispozice obytných a pobytových místností, provoz technických systémů stavby – větrání a vytápění) je v souladu s požadavky technické normy ČSN 730601 Ochrana staveb proti radonu z podloží proveden finální návrh protiradonových opatření (volba opatření, výpočet tloušťky protiradonové izolace, kombinované opatření, aktivní odvětrání podloží apod.).

Stanovení radonového indexu pozemku bylo prováděno na základě přímého stanovení objemové aktivity radonu v půdním vzduchu a stanovení plynopropustnosti základových zemin. Rozsah měření a způsob stanovení byl v souladu s příslušnými metodickými ustanoveními (Doporučení SÚJB, 2013, resp. 2017), při podrobném průzkumu a hodnocení pozemků o rozloze menší nebo rovné 800 m² (zpravidla pro výstavbu jednotlivého samostatně stojícího rodinného domu či obdobně velkého objektu, pro přístavbu obdobného objektu či pro rekonstrukci spojenou se změnami v kontaktních konstrukcích). Stanovení OAR bylo provedeno ve vzorcích půdního vzduchu odebraných zpravidla z 15 individuálních odběrových sond prostorově distribuovaných v pravidelné síti v případě standardního hodnocení stavebního pozemku, nebo v liniích a lokálních shlucích v případě měření v místě radiometrických anomálií. Odběr vzorků půdního vzduchu byl standardně proveden z hloubky 0,8 m pomocí tenkých odběrových tyčí s volným hrotem a velkoobjemových injekčních stříkaček. V případě výskytu skalních výchozů zasahujících do odběrového horizontu byl odběr proveden z nižších hloubek, vždy minimálně 0,5 m.

3.2.1 Stanovení OAR v jednorázových odběrech vzorků vzduchu

Pro měření OAR ve vzorcích vzduchu jednorázově odebraných ze sond v podloží byl použit měřicí systém RM-2 s vyhodnocovacím zařízením ERM3 a ionizačními komorami IK-250. Vzorky vzduchu o objemu 150 ml byly odbírány pomocí velkoobjemové výplachové stříkačky (JANETTE). V případě výskytu velmi vysokých hodnot OAR (anomálie 37/104-B, Vlčatín, resp. 61/104-B a 60/104-B Hodov, PÚZZK Horka) nebo při velmi obtížných odběrech vzorků vzduchu z podloží z důvodu nízké plynopropustnosti zemin nebo přítomnosti vody v odběrovém horizontu (č. parc. 2658 k. úd Rohozná u Jihlavy a č. parc. 2535 k. Hojkov), byly odbírány vzorky o objemu menším než 150 ml, zpravidla v intervalu 20 – 100 ml.

Monitorovací systém RM-2 se skládá ze tří základních provozních částí, elektrometru ERM-3 (vyhodnocovací zařízení), sady ionizačních komor typu IK-250 a ruční vývěvy. Samostatná řídicí a vyhodnocovací jednotka ERM-3 zajišťuje měření elektrického proudu způsobeného ionizačními účinky radonu a jeho produktů přeměny v citlivém objemu detektoru (ionizační komory).

Vyhodnocovací zařízení pracuje ve dvou měřicích režimech, v závislosti na čase uplynulém od převedení vzorku vzduchu do ionizační komory:

- Měření po 15 minutách od převedení vzorku vzduchu do detektoru;
- Měření v rovnováze (po ustavení rovnovážného stavu mezi radonem a jeho produkty přeměny, tj. 3 hodiny a 20 minut po převedení vzorku vzduchu do detektoru)

Doba měření jednoho vzorku vzduchu je 120s. Odebraný půdní vzduch je zároveň pracovním plynem ionizační komory. Ionizační proud je zesilován a následně elektronicky a statisticky zpracováván. Výsledky měření objemové aktivity radonu jsou v jednotkách kBq.m⁻³ zobrazovány na LCD displeji elektrometru.

Samotné měření bylo zpravidla zahájeno 15 minut po převedení vzorku půdního vzduchu do citlivého objemu detektoru. Výhodou měření po 15 minutách byla možnost provedení opakovaných odběrů v případě, že byly zaznamenány hodnoty mimo dynamický rozsah měřicího přístroje (anomálie 37/104-B, Vlčatín, resp. 61/104-B a 60/104-B Hodov, PÚZZZK Horka) nebo v případě netěsnosti odběrové trasy (přisávání atmosférického vzduchu s nízkou úrovní OAR).

Přímé stanovení plynopropustnosti zemin bylo provedeno pomocí měřicího zařízení RADON-JOK. Princip metody je založen na měření rychlosti sání půdního vzduchu pod definovaným tlakovým rozdílem vytvořeným prostřednictvím závaží zavěšeného na konstrukci sacího vaku připojeného k sondě instalované v podloží. Půdní vzduch je nasáván z hloubky 0.8m sondou s definovaným kontaktním povrchem mezi odběrovou hlavou sondy a zeminou, který je vytvořen vyražením hrotu z konce sondy. Plynopropustnost je vypočtena z rovnice (1.1) ze známého průtoku vzduchu sondou při definovaném podtlaku. Průtok je stanoven ze známého celkového objemu sacího vaku ($2\ 000\text{cm}^3$) a měřeného času jeho naplnění, signalizovaného akustickým a optickým signálem.

Teoretické základy stanovení plynopropustnosti zemin vycházejí z Darcyho zákona (RADON – JOK, 2009), za předpokladu homogenního a izotropního prostředí.

$$Q = F \cdot \left(\frac{k}{\mu}\right) \cdot \Delta p, \quad (1.1)$$

kde

$Q\ (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$ průtok vzduchu sondou,

$F\ (\text{m})$ geometrický faktor,

$k\ (\text{m}^2)$ plynopropustnost zemin,

$\mu\ (\text{Pa} \cdot \text{s})$ dynamická viskozita vzduchu (při 10°C ; $\mu = 1,75 \cdot 10^{-5}\ \text{Pa} \cdot \text{s}$),

$\Delta p\ (\text{Pa})$ tlaková diference mezi zemským povrchem a aktivním prostorem sondy.

Geometrický faktor může být stanoven z rovnice (1.2)

$$F = \frac{2\pi l}{\ln\left\{2L \cdot \frac{[(4D-L)]^{1/2}}{[4D+L]}\right\}} \quad (1.2)$$

kde

$L\ (\text{m})$ délka aktivní plochy sondy,

$d\ (\text{m})$ průměr sondy,

$D\ (\text{m})$ hloubka sondy,

Aproximace $L \gg d$ může být aplikována v případě níže uvedených parametrů sond.

Průměr sondy – 12 mm

Délka sondy – 1.1 m

Aktivní prostor (délka 50 mm a průměr 12 mm) odpovídá geometrickému faktoru $F=0.149\ \text{m}$

Dynamický měřicí rozsah při geometrickém faktoru $F = 0.149$ m odpovídá hodnotám plynopropustnosti k od 10^{-11} m^2 do 10^{-14} m^2 . Čas naplnění sacího vaku 8 s odpovídá plynopropustnosti $k = 1.4 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2$.

Nazákladě výsledků měření objemové aktivity radonu a přímého stanovení plynopropustnosti zemin v jednotlivých odběrových místech stavebního pozemku byl vždy proveden výpočet radonového potenciálu stavebního pozemku (RP) podle následující rovnice (1.3)

$$RP = \frac{(c_A - c_{A0})}{(-\log k + \log k_0)} = \frac{(c_A - 1)}{(-\log k - 10)} \quad (1.3)$$

kde

c_A ($\text{kBq} \cdot \text{m}^{-3}$) hodnota OAR ve vzorku půdního vzduchu,

c_{A0} minimální hodnota stanovení OAR ($1,0 \text{ kBq} \cdot \text{m}^{-3}$),

k (m^2) hodnota plynopropustnosti zeminy,

k_0 hodnota plynopropustnosti zeminy ($1 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2$).

Výsledkem hodnocení je číselná hodnota RP, která jednoznačně charakterizuje radonový index pozemku (pro $RP < 10$ je radonový index pozemku nízký, pro $10 < RP < 35$ je radonový index pozemku střední a pro $35 \leq RP$ je radonový index pozemku vysoký).

3.2.2 Výsledky stanovení radonového indexu pozemku

Výsledky stanovení radonového indexu pozemku a numerické hodnoty radonového potenciálu pozemku jsou souhrnně pro všechny měřené lokality a pozemky uvedeny v Tab. 7 Souhrnný přehled stanovení radonového indexu pozemku. S výjimkou jednoho pozemku (Bukov na Moravě č. parc.340/1, PÚZZZK Kraví hora) byl radonový index stanovený v místě radiometrických anomálií vždy klasifikován jako vysoký, což velmi dobře koresponduje s výsledky měření dávkových příkonů záření gama ve vzduchu a z gamaspektrometrických měření *in-situ* a v laboratoři prováděných v rámci ověřování radiometrických anomálií. Výše uvedený pozemek byl klasifikován středním radonovým indexem, radonový potenciál $RP = 33$ byl stanoven na horní hranici pro střední index ($10 < RP < 35$).

Jednotlivé hodnoty OAR v jednorázových odběrech vzorků půdního vzduchu a hodnoty plynopropustnosti zemin stanovené v odběrových sondách jsou vždy uvedeny v samostatných tabulkách v protokolech o stanovení RIP. Z celkového přehledu v Tab. 7 je zřejmé, že v lokalitě PÚZZZK Horka byly měřeny nejvyšší hodnoty OAR v půdním vzduchu a všechny pozemky zde byly klasifikovány vysokým radonovým indexem. Tato skutečnost je zcela v souladu s výsledky přechozích měření prováděných v rámci leteckého a pozemního uranového průzkumu (Příloha 1) a úzce souvisí s přítomností hornin s vysokou úrovní přírodní radioaktivity (durbachit, křemenný granit až syenit třebečského plutonu paleozoického stáří). Výsledky stanovení OAR v půdním vzduchu v místě zjištěných radiometrických anomálií (37/104-B, Vlčatín, resp. 61/104-B a 60/104-B Hodov, PÚZZZK Horka) vykazují výskyt extrémně vysokých hodnot významně překračujících úroveň $1 \text{ MBq} \cdot \text{m}^{-3}$. Vzhledem k charakteru plošné distribuce hodnot OAR v místě některých anomálií, která může být silně lokální a nehomogenní, je zcela jistě vhodné doporučit při provádění

standardního stanovení radonového indexu pozemku (Doporučení SÚJB, prosinec 2017) doplnění radonového průzkumu o mapování dávkového příkonu záření gama ve vzduchu. Mapování pole záření gama umožňuje odhalení lokálních („bodových“) radiometrických anomálií, které by v případě běžného stanovení RIP mohly být přehlédnuty.

Celý soubor hodnot OAR v půdním vzduchu v místě anomálie 37/104-B, Hodov je zcela unikátní a výsledek stanovení radonového potenciálu $RP = 4500$ je extrémní, vyžadující v případě běžné výstavby zcela jistě zvláštní pozornost při návrhu preventivních protiradonových opatření. Základní popisné statistiky souboru stanovení OAR v půdním vzduchu v místě anomálie 37/104-B jsou uvedeny v Tab. 8, celý protokol 242-045-2018/ZRIP v samostatné Příloze 4 této zprávy.

Tab. 8 Základní popisné statistiky souboru výsledků měření OAR v půdním vzduchu a plynopropustnosti zemin (anomálie 37/104-B, pozemek č. parc. 1862/1, 1734/2, k. Vlčatín, PÚZZK Horka)

Popisné statistiky	OAR (kBq.m ⁻³)	Plynopropustnost (m ²)
Třetí kvartil	4562	$9,69 \times 10^{-12}$
Maximální hodnota	5918	$1,04 \times 10^{-11}$
Minimální hodnota	252	$2,51 \times 10^{-13}$
Střední hodnota souboru (aritmetický průměr)	2879	$5,77 \times 10^{-12}$
Medián	3117	$4,82 \times 10^{-12}$

Pro ilustraci celkové situace v místě anomálie 37/104-B je na

Obr. 14 zobrazena fotografie instalace odběrových sond půdního vzduchu a na Obr. 15 provádění radiometrického měření v rámci ověřování anomálií.


Obr. 14 Instalace odběrových sond půdního vzduchu



Obr. 15 Radiometrické mapování v místě anomálie 37/104-B, Hodov



V lokalitě PÚZZK Kraví hora bylo z celkem 15 měřených pozemků 6 pozemků klasifikováno středním radonovým indexem a ve zbývajících případech byl stanoven index vysoký. V PÚZZK Hrádek byly z celkových pěti pozemků 2 zaříděny se středním radonovým indexem, u zbývajících byl zjištěn index vysoký. V žádné lokalitě nebyl stanoven nízký radonový index. Tato skutečnost je zcela v souladu s plánovaným výběrem pozemků, kdy přednostně byly do výběru zařazeny pozemky s výskytem radiometrických anomálií, které se nejvíce nacházely v lokalitě PÚZZK Horka, kde je obecně významně vyšší obsah přírodních radionuklidů uran-radiové a thoriové řady v podložních horninách a zeminách tvořících kvartérní pokryv. Nejnižší hodnoty OAR v půdním vzduchu byly stanoveny ve vzorcích půdního vzduchu odebraných na pozemku č. parc. 2658, k. ú. Rohozná u Jihlavy. V Tab. 9 jsou uvedeny základní popisné statistiky souboru dat OAR v půdním vzduchu, které jsou v porovnání s hodnotami OAR na jiných pozemcích v lokalitě PÚZZK Hrádek výrazně nižší. Pozemek byl podmáčený, odběry vzorků půdního vzduchu převážně obtížné. Tato skutečnost odpovídá zjištění, že podle map I. až III. vojenského mapování byl dále po proudu ještě koncem 19. století situován velký rybník. Celkový pohled na pozemek v době měření je znázorněn na fotografii na Obr. 16.

 SÚRAO	Monitoring ovzduší z hlediska výskytu radonu a monitoring ionizujícího záření v místech známých anomálií	Evidenční označení:
		SÚRAO ZZ 272/2018

Tab. 9 Základní popisné statistiky souboru výsledků měření OAR v půdním vzduchu a plynopropustnosti zemin (pozemek č. parc. 2658, k. ú. Rohozná u Jihlavy, PÚZZZK Hrádek)

Popisné statistiky	OAR (kBq.m ⁻³)	Plynopropustnost (m ²)
Třetí kvartil	11,1	5,22x10 ⁻¹⁴
Maximální hodnota	26,0	5,22x10 ⁻¹⁴
Minimální hodnota	2,0	5,22x10 ⁻¹⁴
Střední hodnota souboru (aritmetický průměr)	7,5	5,22x10 ⁻¹⁴
Medián	3,8	5,22x10 ⁻¹⁴

Obr. 16 Celková situace na pozemku č. parc. 2658, k. ú. Rohozná u Jihlavy



4 Monitorování ionizujícího záření v místech známých anomálií

4.1 Výběr radiometrických anomálií k ověření

V rámci přípravné fáze celého monitorování byly z databází průzkumných organizací vybrány radiometrické anomálie, které byly zařazeny do plánu monitoringu (Příloha 1). Součástí přípravy byla analýza dostupných radiometrických dat získaných z leteckého a pozemního průzkumu ČSUP. Analýza byla soustředěna na parametry průzkumu a celkovou nejistotu stanovení radiometrické anomálie, zahrnující přesnost její lokalizace v PÚZZK. Ve výběru jednotlivých anomálií byly zohledněny geofyzikální charakteristiky získané z katalogu radiometrických anomálií. Pro potřeby jednoznačné identifikace radiometrických anomálií a jejich přiřazení k dostupným informacím bylo zvoleno značení a číslování použité v příslušném katalogu.

V Tab. 10 je uveden souhrnný seznam radiometrických anomálií, kde bylo provedeno komplexní monitorování ionizujícího záření v rámci ověřování výskytu jednotlivých anomálií. Celkem bylo ověřováno 88 radiometrických anomálií, z toho v lokalitě Horka bylo měřeno celkem 65 anomálií, v lokalitě Hrádek 9 a v lokalitě Kraví Hora 14 anomálií.


Geografické souřadnice odpovídají lokalizaci příslušných radiometrických anomálií uvedených v katalogu. Vzhledem k použití různých souřadnicových systémů a pravidel zaokrouhlování číselných údajů je při terénním monitorování vždy nutné ověřit lokalizaci příslušné anomálie. Ověření je prováděno prostřednictvím přímého měření dávkového příkonu záření gama ve vzduchu v místě geografických souřadnic anomálií, se zohledněním nejistot určení souřadnic a charakteristických projevů a pozůstatků původních průzkumných prací.

Tab. 10 Celkový přehled radiometrických anomálií (WGS 84 EPSG:4326)

Lokalita PÚZZK	Radiometrická anomálie	Zeměpisná šířka	Zeměpisná délka
Horka	037/104-B	49.304087	15.955078
Horka	043/104-B	49.274370	15.996458
Horka	044/104-B	49.320194	15.992016
Horka	045/104-B	49.322421	15.992021
Horka	046/104-B	49.324089	15.986461
Horka	047/104-B	49.326305	15.992853
Horka	048/104-B	49.327415	15.994234
Horka	049/104-B	49.328248	15.991745
Horka	050/104-B	49.329081	15.988411
Horka	051/104-B	49.329359	15.989802
Horka	052/104-B	49.329358	15.993957

Horka	053/104-B	49.328248	15.982575
Horka	054/104-B	49.328528	15.978411
Horka	055/104-B	49.329636	15.981192
Horka	056/104-B	49.329084	15.995350
Horka	057/104-B	49.288807	15.994514
Horka	058/104-B	49.295198	15.997848
Horka	059/104-B	49.288532	15.996735
Horka	060/104-B	49.296031	15.987858
Horka	061/104-B	49.299365	15.984800
Horka	062/104-B	49.300479	15.971741
Horka	063/104-B	49.309923	15.979236
Horka	064/104-B	49.299917	15.981462
Horka	065/104-B	49.296307	15.980070
Horka	066/104-B	49.300756	15.968133
Horka	067/104-B	49.300752	15.975914
Horka	068/104-B	49.300474	15.977016
Horka	069/104-B	49.317140	15.991742
Horka	070/104-B	49.303808	15.971465
Horka	072/104-B	49.311030	15.963959
Horka	073/104-B	49.297425	15.994517
Horka	074/104-B	49.297423	15.993410
Horka	075/104-B	49.298814	15.997301
Horka	076/104-B	49.299085	15.993128
Horka	263/105-A	49.326582	16.005075
Horka	268/105-A	49.307973	16.018960
Horka	269/105-A	49.307144	16.015909
Horka	270/105-A	49.309088	16.012296
Horka	277/105-A	49.322701	16.002012
Horka	278/105-A	49.327420	16.004788
Horka	279/105-A	49.328248	16.003408
Horka	280/105-A	49.329638	16.007288
Horka	281/105-A	49.326585	16.002845
Horka	282/105-A	49.329360	16.005066
Horka	283/105-A	49.330197	16.003684
Horka	284/105-A	49.309648	16.019798
Horka	285/105-A	49.312146	16.018123

Horka	286/105-A	49.307419	16.013686
Horka	287/105-A	49.311586	16.012296
Horka	288/105-A	49.316031	16.012296
Horka	289/105-A	49.317972	16.009237
Horka	290/105-A	49.323533	16.012847
Horka	291/105-A	49.319638	16.001739
Horka	292/105-A	49.321305	16.015347
Horka	296/105-A	49.326033	16.000353
Horka	297/105-A	49.325755	15.998962
Horka	298/105-A	49.324364	15.999237
Horka	299/105-A	49.320478	16.015896
Horka	300/105-A	49.319083	16.019232
Horka	308/105-A	49.330752	16.017562
Horka	318/105-A	49.286036	16.004514
Horka	319/105-A	49.287977	16.000626
Horka	320/105-A	49.295205	16.003411
Horka	321/105-A	49.295757	16.000074
Horka	322/105-A	49.286311	16.001462
Hrádek	28/091-D	49.388226	15.377100
Hrádek	30/091-D	49.390166	15.370427
Hrádek	31/091-D	49.388221	15.381266
Hrádek	34/091-D	49.377942	15.370986
Hrádek	35/091-D	49.372948	15.370427
Hrádek	39/091-D	49.356006	15.381265
Hrádek	51/091-D	49.371838	15.372929
Hrádek	52/091-D	49.371000	15.371535
Hrádek	73/091-D	49.365448	15.383487
Kraví hora	010/093D	49.419920	16.277808
Kraví hora	004/093D	49.449911	16.254198
Kraví hora	005/093D	49.454635	16.272800
Kraví hora	006/093D	49.443807	16.279750
Kraví hora	007/093D	49.436031	16.277248
Kraví hora	008/093D	49.437976	16.271694
Kraví hora	009/093D	49.429357	16.275583
Kraví hora	018/093C	49.451860	16.228084
Kraví hora	250/093C	49.443243	16.225861

 SÚRAO	Monitoring ovzduší z hlediska výskytu radonu a monitoring ionizujícího záření v místech známých anomálií	Evidenční označení:
		SÚRAO ZZ 272/2018

Kraví hora	251/093C	49.443805	16.223917
Kraví hora	253/093C	49.435750	16.230034
Kraví hora	254/093C	49.436859	16.229481
Kraví hora	212/093C	49.425320	16.225318
Kraví hora	291/093C	49.425320	16.225318

Ověření geografické polohy a úrovně přírodní radioaktivity v místě některých anomálií bylo významně ovlivněno skutečností, že v případě vybraných anomálií především v lokalitě Kraví hora nelze takové ověření spolehlivě provést z důvodu uranové těžby, která v místech anomálií v minulosti probíhala. V takových případech, spojených s významným zásahem do zemské kůry, je srovnání s hodnotami vybraných radiometrických veličin získaných v rámci uranového průzkumu principiálně nemožné. V některých případech se anomálie nacházely v místech označených výstražnými cedulemi, upozorňujícími na nebezpečí poddolovaného území (anomálie 008/093D a 009/093D Kraví hora), viz Obr. 17.


Obr. 17 Radiometrický průzkum v místě anomálie 009/093D, Kraví hora



4.2 Metody měření

Pro účely ověření zjištěných radiometrických anomálií byly vybrány a použity kombinace následujících typů terénních měření

- **mapování dávkových příkonů záření gama ve vzduchu** 1 m nad úrovní terénu s využitím přenosných terénních radiometrických přístrojů (na území o rozměrech přibližně 100 x 100 m²) s cílem vyhledat nehomogenity, případně potvrdit anomálii –

 SÚRAO	Monitoring ovzduší z hlediska výskytu radonu a monitoring ionizujícího záření v místech známých anomálií	Evidenční označení:
		SÚRAO ZZ 272/2018

rozsah monitorovaného území zohledňoval charakteristiky původní radiometrické anomálie, získané z informací uvedených v katalogu anomálií, a lokální georeliéf, včetně pozůstatků po geofyzikálním průzkumu nebo uranové těžbě;

- **provedení in-situ gama-spektrometrických měření** s využitím terénního spektrometru s nízkým rozlišením s cílem stanovit průměrné koncentrace přírodních radionuklidů K-40, U-238, Th-232 za předpokladu radioaktivní rovnováhy v uran-radiové přeměnové řadě; *In-situ* spektrometrická měření s nízkým rozlišením byla provedena v místě zvýšených hodnot dávkového příkonu záření gama;
- **stanovení radonového indexu pozemku v místě radiometrické anomálie** (15 vzorků půdního vzduchu, stanovení plynopropustnosti zemin) – pokud geologické podmínky v zájmové lokalitě stanovení v plném rozsahu umožňují (skalní výchozy, poddolování apod.);
- **odběr vzorků zemin svrchního horizontu do hloubky maximálně 30 cm a provedení laboratorní spektrometrie záření gama s vysokým rozlišením** pro účely stanovení obsahu přírodních radionuklidů ve vzorku.

Základní metodou terénního prací bylo mapování dávkového příkonu záření gama ve vzduchu při pochůzkovém měření s přenosným radiometrem RT-30 G. Na základě měření dávkového příkonu záření gama byla vždy lokalizována místa s nejvyšší hodnotou dávkového příkonu, kde byla následně provedena in-situ spektrometrická měření v přímém kontaktu se zemí (blízké 2π geometrii použité při kalibraci spektrometru). V případě členitého terénu nebyly zaváděny žádné opravné korekce na geometrii měření. V místě in-situ spektrometrického měření mimo skalní výchozy byl následně odebrán vzorek svrchního horizontu do hloubky 30 cm (zeminy a úlomky hornin bez vegetace). Vzorky byly následně přepraveny do laboratoře oddělení spektrometrie SÚRO, v.v.i., kde byly dále zpracovány a změřeny s využitím spektrometrie záření gama s vysokým rozlišením.

4.3 Měřicí technika

4.3.1 Mapování dávkových příkonů záření gama ve vzduchu

Pro terénní měření dávkového příkonu záření gama ve vzduchu byl použit ruční radiometr RT-30G GEORADIS, radionuklidový vyhledávač, měřič dávkového příkonu záření gama ve vzduchu se spektrometrickými vlastnostmi. V přístroji je použit scintilační detektor NaI(Tl) o rozměrech $2 \times 2''$ (104 cm^3) detekující záření gama v rozsahu energií od 20 keV do 3000 keV. Na Obr. 18 je fotografie zachycující terénní měření s přenosným radiometrickým přístrojem RT-30 G a terénním spektrometrem GT-40 v místě anomálie 37/104-B, pozemek č. parc. 1862/1, 1734/2, k. ú. Vlčatín, PÚZZZK Horka.

Obr. 18 Radiometrický průzkum v místě anomálie 37/104-B, Horka



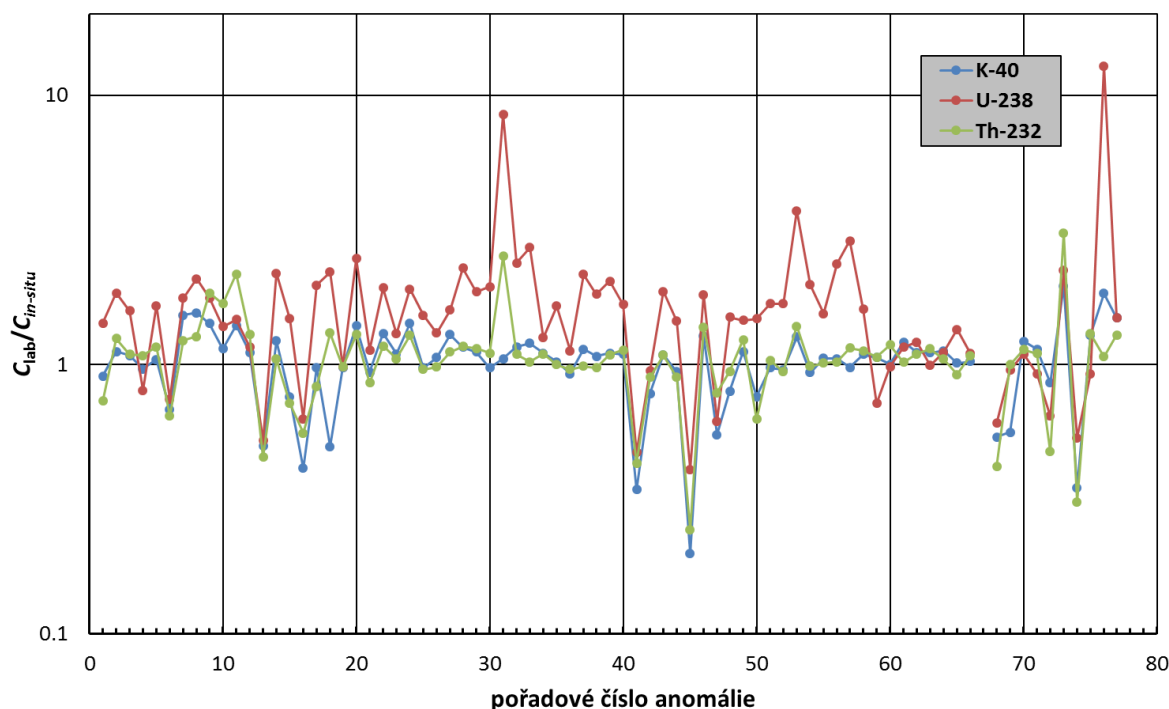
4.3.2 Terénní *in-situ* spektrometrie

Pro stanovení koncentrace přírodních radionuklidů v podložních zeminách a horninách byla použita metoda *in-situ* gama spektrometrie s kalibrací pro 2π geometrii s využitím měřicí techniky GT-40 Georadis (přenosný multifunkční digitální spektrometr záření gama s detektorem 3"x 3" NaI(Tl) pro rychlé stanovování aktivit zářičů gama v terénu).

Přenosný spektrometr GT-40 byl ověřen jako stanovené měřidlo v ČMI (č. OL 0000245), kalibrace byla provedena v Kalibrační laboratoři VF K 2336 a v Kalibrační laboratoři SÚRO č. 2391.

Na Obr. 19 jsou graficky prezentovány poměry výsledků laboratorních gamaspektrometrických měření vzhledem k výsledkům *in-situ* měření pro koncentrace přírodních radionuklidů K-40, U-238, Th-232 v místě radiometrických anomálií v logaritmickém měřítku. Obecně lze také konstatovat, že výsledky poměrů stanovení koncentrace U-238 z laboratorní spektrometrie vzhledem k *in-situ* spektrometrii vykazují větší variabilitu ve srovnání s poměry pro radionuklidy K-40 a Th-232. Tato skutečnost souvisí s předpokladem radioaktivní rovnováhy v uran-radiové přeměnové řadě a také s časově proměnnou distribucí koncentrace krátkodobých produktů přeměny ve svrchní vrstvě zemin, která souvisí s časovou variabilitou objemové aktivity radonu v půdním vzduchu ve svrchní vrstvě do hloubky 30 - 40 cm. Podmínky laboratorních a terénních měření jsou v těchto případech významně rozdílné.

Obr. 19 Grafy poměrů výsledků laboratorních gamaspektrometrických měření vzhledem k výsledkům in-situ měření



Na Obr. 20 jsou fotografie dokumentující terénní měření in-situ spektrometrie záření gama. V mnoha případech byly maximální hodnoty dávkového příkonu záření gama ve vzduchu identifikovány v místě skalních výchozů. Odběry vzorků zeminy byly vždy prováděny v *místech in-situ* gama-spektrometrických měření, která se nacházela mimo skalní výchozy a v souhrnné tabulce výsledků spektrometrických měření (Příloha 5 Katalog radiometrických anomálií) jsou vždy označena křížkem. V případě měření na rovné ploše bez terénních nerovností, bez přítomnosti skalních výchozů a vzrostlých stromů odpovídají výsledky stanovení obsahu přírodních radionuklidů na základě *in-situ* spektrometrických měření velmi dobře výsledkům laboratorní gama spektrometrie vzorků zemin odebraných v místě terénních měření. Významné odchylky byly pozorovány v případě prostorově omezených, lokálních radiometrických anomálií, kdy byl odběr vzorku zeminy prostorově omezen na samotnou anomálii, oproti tomu výsledky in-situ spektrometrie průměrují příspěvky přírodních radionuklidů z větší plochy, která odpovídá použité geometrii měření (kontakt se zemským povrchem). V takových případech jsou hodnoty stanovení koncentrace K-40, U-238, Th-232 z laboratorní spektrometrie vyšší než z *in-situ* terénních měření (např. anomálie 37/104-B, Hodov, na Obr. 19, pořadové číslo 31).

Obr. 20 In-situ spektrometrie záření gama v místě radiometrických anomálií (2π geometrie měření)



4.3.3 Stanovení radonového indexu pozemku v místě radiometrické anomálie

Stanovení radonového indexu pozemku bylo prováděno na základě přímého stanovení objemové aktivity radonu v půdním vzduchu a stanovení plynopropustnosti základových zemin (Doporučení SÚJB, 2013, resp. 2017). Pro měření OAR ve vzorcích vzduchu jednorázově odebraných ze sond v podloží byl použit měřicí systém RM-2 s vyhodnocovacím zařízením ERM3 a ionizačními komorami IK-250. Přímé stanovení plynopropustnosti zemin bylo provedeno pomocí měřicího zařízení RADON-JOK (kapitola 3.2.1). Na Obr. 21 jsou zachyceny fotografie ilustrující terénní postupy stanovení radonového indexu pozemku, jednorázové odběry vzorků půdního vzduchu a přímé měření plynopropustnosti zemin na pozemku č. parc. 273-14 a 275-29, k. ú. Oslavička, lokalita Horka.


Obr. 21 Odběry vzorků půdního vzduchu a přímé měření plynopropustnosti zemin



V tabulce Tab. 11 je uveden souhrnný přehled výsledků měření OAR a plynopropustnosti zemin na vybraných anomáliích v jednotlivých zájmových lokalitách ve formě základních popisných statistik, radonového potenciálu pozemku a finálního zařazení radonového indexu pozemku.

Tab. 11 Základní popisné statistiky měření OAR a plynopropustnosti zemin v místě vybraných anomálií

Anomálie PÚZZZK		3. kvartil	Max.	Min.	Střední hodnota	Medián	RP	RIP
250/093C (Kraví Hora)	OAR	37.1	86.6	19.4	37.2	31.5	33	2
	K	7.83E-12	7.83E-12	8.20E-14	3.88E-12	4.18E-12		
10/093D (Kraví Hora)	OAR	113.5	595.0	31.9	131.4	73.2	95	3
	K	6.60E-12	4.06E-12	2.22E-12	1.36E-11	5.22E-15		
9/093D (Kraví Hora)	OAR	89.1	216.0	13.1	66.7	23.0	102	3
	K	1.36E-11	1.34E-11	1.36E-11	1.36E-11	1.09E-11		
254/093C (Kraví Hora)	OAR	50.1	54.8	30.9	44.7	45.9	44	3
	K	7.83E-12	7.83E-12	4.07E-13	5.36E-12	5.69E-12		
4/093D (Kraví Hora)	OAR	83.5	134.0	23.2	65.1	62.0	64	3
	K	5.22E-12	3.30E-12	2.72E-12	7.83E-12	1.04E-13		
8/093D (Kraví Hora)	OAR	189.5	1825.0	19.0	261.9	44.1	130	3
	K	3.52E-12	2.72E-12	2.61E-12	7.83E-12	8.79E-14		

 SÚRAO	Monitoring ovzduší z hlediska výskytu radonu a monitoring ionizujícího záření v místech známých anomálií					Evidenční označení:		
						SÚRAO ZZ 272/2018		

320/105-A (Horka)	OAR	225.5	258.0	116.0	201.9	196.0	229	3
	K	1.04E-11	1.04E-11	5.69E-12	9.61E-12	1.04E-11		
61/104-B (Horka)	OAR	130.5	3972.0	13.9	345.5	72.3	1210	3
	K	5.22E-14	5.69E-12	5.22E-14	4.94E-13	5.22E-14		
65/104-B (Horka)	OAR	178.0	216.0	49.9	148.8	168.0	180	3
	K	1.04E-11	1.04E-11	2.02E-12	8.73E-12	1.04E-11		
318/105-A (Horka)	OAR	291.0	889.0	52.2	279.6	155.0	905	3
	k	1.04E-11	1.04E-11	5.22E-14	5.60E-12	5.22E-12		
60/104-B (Horka)	OAR	232.5	633.0	33.9	182.4	111.0	549	3
	k	7.06E-12	1.57E-11	3.80E-13	5.26E-12	3.48E-12		
54/104-B (Horka)	OAR	375.0	526.0	117.0	316.5	332.0	254	3
	k	3.36E-12	1.57E-11	5.22E-14	2.43E-12	5.22E-14		
37/104-B (Horka)	OAR	4561.5	5917.5	252.0	2878.6	3117.0	4500	3
	k	9.69E-12	1.04E-11	2.51E-13	5.77E-12	4.82E-12		
73/091-D (Hrádek)	OAR	68.3	82.3	23.1	56.2	56.1	99	3
	k	2.09E-11	2.09E-11	1.57E-12	1.37E-11	1.25E-11		

OAR – objemová aktivita radonu ($Bq.m^{-3}$)

k - plynopropustnost zemin (m^2)

RIP – radonový index pozemku (1 – nízký; 2 – střední; 3 – vysoký)


4.3.4 Laboratorní spektrometrie záření gama

Měření vzorků zemin byla prováděna ve zkušební akreditované laboratoři SÚRO, v.v.i. (Odbor monitorování) č. 1479, akreditované ČIA podle standardního zkušební postupu SZP 11 (ČSN ISO 10703) Stanovení aktivity radionuklidů spektrometrií gama s vysokým rozlišením. Změřené vzorky byly po ukončení radiometrických analýz likvidovány v souladu s vnitřními předpisy SÚRO, v.v.i.

Při měření vzorků zemin se postupovalo podle standardního zkušební postupu SZP 11 (Stanovení radionuklidů spektrometrií gama s vysokým rozlišením). Po převzetí vzorků do laboratoře oddělení spektrometrie byly vzorky zváženy, registrovány do systému Labsys, přemístěny do válcovitých měřicích nádob (standardní geometrie masťovek), byla stanovena hmotnost vzorků a měření bylo následně provedeno v poloze okolo detektoru a na detektoru s využitím HPGe detektorů o účinnosti 10 až 150%. Všechny detektory použité k měření vzorků zemin byly kalibrovány pomocí standardů ČMI a byly ČMI ověřeny. Po změření byl stanoven obsah sušiny přepočtem z vysušeného alikvotu vzorku; sušení probíhalo při 105°C do konstantní hmotnosti. Spektra měřených vzorků půd byla vyhodnocena programem Genie 2000. Poté byly vypočtené hmotnostní aktivity a nejistoty korigovány na samoabsorpci, pravé sumace a přepočteny na sušinu.

4.4 Výsledky měření

Vzhledem k charakteru měřených veličin, rozsahu měřených dat, variabilitě měřicích metod a techniky, včetně kombinace terénních a laboratorních postupů byla pro prezentaci a souhrn

 SÚRAO	Monitoring ovzduší z hlediska výskytu radonu a monitoring ionizujícího záření v místech známých anomálií	Evidenční označení:
		SÚRAO ZZ 272/2018

výsledků měření zvolena metoda katalogizace jednotlivých ověřovaných anomálií. Katalog tvoří samostatnou elektronickou Přílohu A této zprávy. Jednotlivé katalogové listy jsou identifikovány číslem anomálie a obsahují výstupy a výsledky z dílčích radiometrických měření, která byla provedena v rámci ověřování:

- souhrnné výsledky terénní *in-situ* spektrometrie, tabulka koncentrací přírodních radionuklidů K-40 (%), U-238 (ppm) a Th-232 (ppm) včetně nejistoty měření na jednotlivých měřicích místech s vyznačením místa odběru vzorků zeminy pro laboratorní spektrometrii gama;
- souhrnné výsledky laboratorní spektrometrie záření gama s vysokým rozlišením; výsledky jsou prezentovány formou tabulky s koncentracemi přírodních radionuklidů K-40 (Bq/kg), U-238 (Bq/kg), Th-232 (Bq/kg) a U-235 (Bq/kg), včetně příslušných nejistot měření, která nezahrnuje nejistoty spojené s odběrem vzorků v terénu;
- bodová mapa měření dávkových příkonů záření gama ve vzduchu 1 m nad úrovní terénu;
- interpolační mapa měření dávkových příkonů záření gama ve vzduchu 1 m nad úrovní terénu;
- základní popisné statistiky souboru dat dávkových příkonů záření gama;
- fotodokumentace terénních měření.

Na začátku katalogu radiometrických anomálií je uvedena souhrnná tabulka ověřovaných anomálií v jednotlivých PÚZZZK, včetně původních geografických souřadnic, doplněná o maximální hodnotu dávkového příkonu záření gama společně s geografickými souřadnicemi získanými při ověřovacích měřeních.

Výsledky mapování dávkových příkonů záření gama ve vzduchu jsou ve formátu souborů *csv* a *xls* součástí příslušných elektronických Příloh B-D.

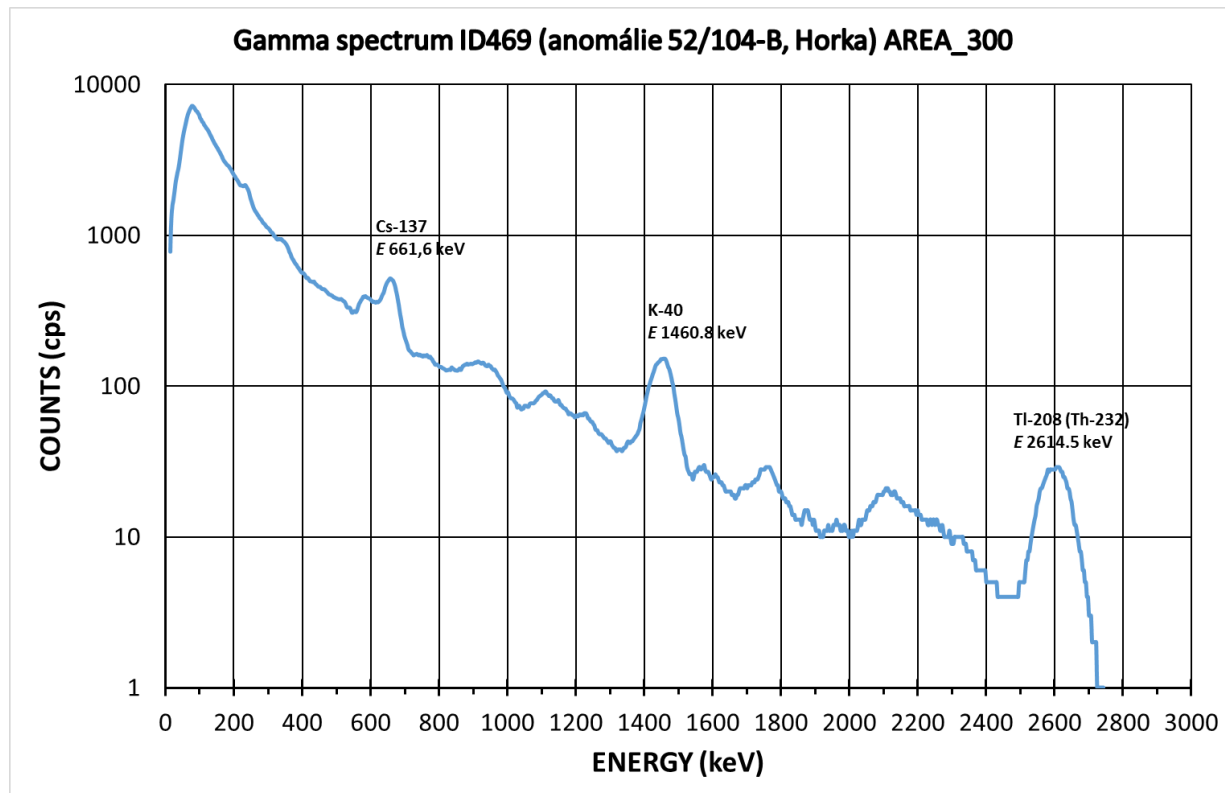
Výsledky spektrometrických měření, včetně samotných originálních spekter jsou ve formátu souborů *txt* a *pdf* součástí elektronické příslušných elektronických Příloh B-D.

Výsledky měření OAR a plynopropustnosti zemin, včetně stanovení radonového potenciálu pozemku v místě radiometrických anomálií, jsou ve formátu souborů *doc* součástí elektronické přílohy příslušných elektronických Příloh B-D.

Při provádění radiometrických měření v místě některých anomálií v lokalitě Horka, např. 52/104-B, byla při *in-situ* spektrometrických měření záření gama opakovaně identifikována přítomnost umělého radionuklidu Cs-137 v měřeném spektru. Výskyt radionuklidu Cs-137 ve složkách životního prostředí v lokalitě Horka souvisí s kontaminací zemského povrchu depozicí radioaktivního aerosolu po havárii v jaderné elektrárně v Černobyli v roce 1986. Vzhledem k poločasů přeměny Cs-137 ($T_{1/2}=30$ roků) a úrovni kontaminace v roce 1986 je přítomnost Cs-137 v zeminách v místě původního spadu stále spolehlivě měřitelná. Plošná a hloubková distribuce Cs-137 ve svrchní vrstvě zemin úzce souvisí s přírodními procesy a antropogenní činností v místě kontaminace (využívání lesní a zemědělské půdy, povětrnostní vlivy apod.). Na Obr. 22 je graf spektra záření gama znázorňující výsledky *in-situ* spektrometrie na vybraném místě anomálie 52/104-B s identifikací energetického píku 661,6 keV, který odpovídá energii záření gama radionuklidu Cs-137. V případě konečného výběru dané lokality pro HÚ je žádoucí provést mapování výskytu Cs-137 ve svrchní vrstvě zeminy v místě budoucího úložiště pro získání spolehlivých podkladů o pozadových hodnotách umělých radionuklidů před vybudováním a provozováním HÚ. V tabulce Tab. 12 jsou uvedeny souhrnné výsledky stanovení koncentrace přírodních radionuklidů K-40, U-238 a Th-232, doplněné o odhad plošné koncentrace Cs-137 odpovídající použité geometrii měření

2 π a kalibraci, která nezohledňuje relaxační délku (hloubkovou distribuci) Cs-137 ve svrchním půdním horizontu.

Obr. 22 spektrum záření gama v místě anomálie 52/104_b indikující přítomnost radionuklid Cs-137 ve svrchní vrstvě zemin




Tab. 12 Výsledky in-situ gama spektrometrie záření gama v místě anomálie 52/104-B

K-40 (%)	U-238 (ppm)	Th-232 (ppm)	Cs-137 (kBq.m⁻²)
3,3 +/- 0.1	7.6 +/- 0.3	28.6 +/- 0.8	17.8 +/- 0.3

GIS data - zpracování

Měření ve formátu xlsx byla zpracována v programu LibreOffice Calc a přes csv importována do open-source programu QGIS. Pro další zpracování byly původní GPS souřadnice v desetinných stupních převedeny z původního souřadnicového systému WGS84 EPSG:4326 do systému WGS84 UTM Zone 33N (EPSG:32633), který již udává souřadnice v metrech, pro oblast, do které spadá i Česká Republika. V tabulce Tab. 13 jsou uvedeny atributy vstupních dat importovaných ve formátu csv do programu QGIS.

 SÚRAO	Monitoring ovzduší z hlediska výskytu radonu a monitoring ionizujícího záření v místech známých anomálií	Evidenční označení:
		SÚRAO ZZ 272/2018

Tab. 13 Atributy vstupních datových souborů pro vytváření mapových výstupů měření dávkového příkonu záření gama v místě radiometrických anomálií


Název datového vstupu (hlavička datového sloupce)	Atributy (význam)
Id_epoch	January 1, 1970 (Unix Epoch aka POSIX time, used by Unix and Unix-like systems (Linux, macOS), and programming languages: most C/C++ implementations, Java, JavaScript, Perl, PHP, Python, Ruby, Tcl, ActionScript. Also used by Precision Time Protocol.
Date	Datum (dd.mm.yyyy)
Time	Čas (hh:mm:ss)
doserate	Měřený dávkový příkon záření gama ve vzduchu 1m nad terénem (nGy.h ⁻¹)
lat	Zeměpisná šířka (WGS84 EPSG:4326)
lon	Zeměpisná délka (WGS84 EPSG:4326)
elev	Nadmořská výška z GPS (m)
anomaly	Identifikační kód anomálie
file	Jméno souboru csv

Pro potřeby ořezu interpolovaných výstupů byly taktéž v QGISu pomocí standardních nástrojů vytvořeny tzv. konvexní obaly (polygony) pro každou anomálii, přičemž některé byly ještě manuálně optimalizovány.

Všechny vektorové vrstvy (jak bodové, tak polygonové) byly uloženy ve standardním formátu Esri Shapefile za účelem co nejlepší kompatibility s různými softwarovými nástroji.

Plošné mapy byly z bodových dat vytvořeny v open-source programu SAGA GIS pomocí interpolace Multilevel B-spline algoritmem dle Lee, Wolberg a Shin (1997) a programem vytvořené obdélníkové gridy následně oříznuty pomocí zmíněných konvexních obalů. Formát interpolovaných výstupů byl ponechán nativní SDAT - SAGA GIS Binary Grid File Format, který přes knihovnu GDAL (Geospatial Data Abstraction Library) přímo podporuje i QGIS.

Stylování a vytváření tiskových výstupů bylo provedeno v QGISu, jako mapový podklad byla v mapách jednotlivých anomálií použita vrstva Google Hybrid (Snímky © 2018 GEODIS Brno, Mapová data © 2018 Google) přes OpenLayers Plugin v programu QGIS. Přehledové mapy pak využívají podklad OpenStreetMap (© OpenStreetMap contributors).

 SÚRAO	Monitoring ovzduší z hlediska výskytu radonu a monitoring ionizujícího záření v místech známých anomálií	Evidenční označení:
		SÚRAO ZZ 272/2018

5 Citace a seznam literatury

BARNET I. (2001): Mapa radonového indexu geologického podloží 1 : 50 000, Česká geologická služba. Praha.

UNSCEAR. (2010). UNSCEAR 2008. Report to the General Assembly with Scientific Annexes, (ISBN 9789211422740).

TOMASEK L. (2012). Lung cancer in a Czech cohort exposed to radon in dwellings – 50 years of follow-up. *Neoplasma*, 59(5), 559–565. doi:10.4149/neo_2012_072

LEE S., WOLBERG G., SHIN S. Y. (1997): *Scattered Data Interpolation with Multilevel B-Splines*, IEEE Transactions On Visualisation And Computer Graphics, Vol. 3, No. 3

Zákony:

Zákon č. 18/1997 Sb. o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) ve znění platných předpisů

Vyhláška SÚJB č. 307/2002 Sb. o požadavcích na zajištění radiační ochrany ve znění platných předpisů

Zákon č. 263/2016: Zákon o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů.

Vyhláška SÚJB č. 422/2016 Sb. O požadavcích na zajištění radiační ochrany

Radiační ochrana, SÚJB, ÚJIZ, září 1998

Radiační ochrana, Doporučení Stanovení radonového indexu pozemku přímým měřením (SÚJB, prosinec 2017)

Doporučení SÚJB, Radiační ochrana, Stanovení radonového indexu pozemku přímým měřením (SÚJB, březen 2013)

Metodika M12 Stanovení časových průběhů objemové aktivity radonu v budovách s využitím kontinuálních monitorů, Odbor přírodních zdrojů, SÚRO, v.v.i. (2016)

Metodika M13 Stanovení časového průměru objemové aktivity (koncentrace) radonu ve vnitřním ovzduší stavby, Odbor přírodních zdrojů, SÚRO, v.v.i. (2016)

Citace technických norem

ČSN 73 0601. *Ochrana staveb proti radonu z podloží*. Praha: Český normalizační institut. 2006

ČSN EN ISO 80000-10. *Veličiny a jednotky – Část 10: Atomová a jaderná fyzika*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 2013


ČSN ISO 10703

RADON – JOK. EQUIPMENT FOR IN SITU PERMEABILITY MEASUREMENTS, manual, radon v.o.s, www.radon-vos.cz; www.radon.eu

QGIS - A Free and Open Source Geographic Information System. www.qgis.org

System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA GIS). <http://www.saga-gis.org/>

Various Support GDAL Raster Formats. http://www.gdal.org/frmt_various.html

 SÚRAO	Monitoring ovzduší z hlediska výskytu radonu a monitoring ionizujícího záření v místech známých anomálií	Evidenční označení:
		<i>SÚRAO ZZ 272/2018</i>

Příloha 1 Radioaktivita hornin České republiky a zájmových území pro úložiště radioaktivních odpadů Hrádek, Horka a Kraví hora

Obsah

1. Úvod
2. Radioaktivita hornin České republiky
 - 2.1 Geologie České republiky
 - 2.2 Uranová mineralizace v Českém masívu
 - 2.3 Geofyzikální měření radioaktivity hornin v České republice
 - 2.4 Kalibrace geofyzikálních radiometrických přístrojů
 - 2.5 Radiometrická mapa České republiky 1:500 000
3. Regionální radioaktivita hornin v zájmových územích pro úložiště radioaktivních odpadů Horka, Hrádek, a Kraví hora
4. Anomálie radioaktivity v zájmových územích Horka a Kraví hora
 - 4.1 Příčiny odchylek dat gama průzkumu
 - 4.2 Radonový průzkum
 - 4.3 Hodnocení anomálií radioaktivity na lokalitách Horka a Kraví hora

Literatura

Přílohy

Seznam zkratk:

BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaft und Rohstoffe
ČGS	Česká geologická služba
IAEA	International Atomic Energy Agency
SÚRO	Státní ústav radiační ochrany, v.v.i.
PřF UK	Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy

1. Úvod

Vybudování hlubinného úložiště radioaktivních odpadů s přírodními barierami (horniny) a umělými barierami (kontejnery a zábrany) je časově odpovídajícím řešením podle geovědních a radiohygienických znalostí a dostupné konstrukční technologie v počátku 21. století. Požadavkem odpovědné realizace tohoto úkolu je dlouhodobá (stovky a tisíce let) izolace uložených zdrojů radiace od životního prostředí. Význačným parametrem kontroly tohoto požadavku je posouzení případných změn radiace v epicentru hlubinného úložiště radioaktivních odpadů a jeho blízkém okolí. Posouzení dostupných údajů o geologii, horninách a radioaktivitě zájmových území pro hlubinné úložiště radioaktivních odpadů ČR a zjištění současného (2016 – 2017) stavu jejich přírodní radioaktivity umožňuje monitorovat a hodnotit případné následné změny radiace.

2. Radioaktivita hornin České republiky

2.1 Geologie České republiky

Na území České republiky se nachází dvě základní geologické jednotky: *Český masív* (Čechy a západní část Moravy) a *Západní Karpaty* (východní a jihovýchodní část Moravy). Jejich hranicí je přibližně linie Znojmo – Ostrava.

Český masív je fragment variského orogenu. Český masív je tvořen *fundamentem* (starším krystalinickým podložím) a *platformními pokryvy* (mladšími sedimenty). Fundament byl zásadně formován kadomskou orogenezí (proterozoikum až kambrium, hlavní fáze před 660-550 mil. let) a výrazně přetvořen variskou orogenezí (devon až karbon, hlavní fáze před 400-330 mil. let). Při obou horotvorných pochodech nastaly laterární posuvy hmot a metamorfóza (rekrytalizace) hornin. Český masív má blokovou stavbu, bloky jsou omezeny zlomy.


Fundament Českého masívu je heterogenní celek a dělí se na několik regionálních jednotek vymezených oblastí (sasko-durynská oblast, záposudetská oblast, středočeská oblast, moldanubická oblast, moravskoslezská oblast). Fundament je tvořen metamorfovanými horninami a magmatickými horninami předvariského a variského stáří.

Sedimenty permokarbonu (karbon a perm limnických pánví) tvoří přechod mezi předplatformními jednotkami a platformními jednotkami Českého masívu. Četné karbonské pánve s ložisky uhlí jsou v celém území Českého masívu.

Platformní pokryvy jsou tvořeny sedimenty druhohor (jura, křída), terciéru a kvartéru. Jurské sedimenty jsou přítomné na jv. Moravě, sedimenty křída jsou plošně rozšířené zejména v české křídové pánvi a v pánvích jižních Čech. Terciérní sedimenty jsou v podkrušnohorských pánvích a jinde. K platformním horninám jsou též řazena lokální tělesa neovulkanitů přítomná převážně v severní části území.

Západní Karpaty jsou součástí alpid – rozsáhlého horského systému tvořeného sedimenty mezozoika a terciéru, který se táhne ze Španělska do jv. Asie. Jsou výsledkem alpské orogeneze (paleogén – neogén), kdy vrásněním získaly příkrovovou stavbu. Na území České republiky (v. a jv. Morava) jsou zastoupeny pouze vnější Karpaty, které tvoří karpatská předhlubeň a dva flyšové komplexy. Sedimenty flyše jsou střídáním písčitých a jílovitých poloh hornin.

Magmatické, sedimentární a metamorfované horniny na území České republiky jsou velkého rozpětí stáří a značné litologické variability. Tomu odpovídá i jejich různá radioaktivita.

 SÚRAO	Monitoring ovzduší z hlediska výskytu radonu a monitoring ionizujícího záření v místech známých anomálií	Evidenční označení:
		SÚRAO ZZ 272/2018


2.2 Uranová mineralizace v Českém masívu

Uranová mineralizace se v České republice nalézá v horninách Českého masívu, který je heterogenní polycyklickou metalogenetickou provincií (Satran et al. 1966). Uranová mineralizace se nachází v celém rozsahu krystalinického fundamentu Českého masívu a ve všech vývojových etapách jeho platformních pokryvů. Nejvýznačnějším procesem pro vytváření akumulací uranu a tvorbu ložisek uranu byla variská tektogeneze (Prvohory). V Českém masívu se nachází U ložiska endogenního hydrotermálního typu a exogenní epigenetická U ložiska (Matolín, Šuráň, 1989, Matolín, 1997a).

Hydrotermální uranová ložiska jsou převážně spjata s plutony (magmatická hlubinná tělesa) a náleží ke křemito-paragenetické formaci s minerálními asociacemi křemen – karbonáty – uraninit, nebo křemen – fluorit – uraninit a k sulfidické paragenetické formaci s minerálními asociacemi sulfidy – uraninit a prvkovou asociací Ag-Bi-Co-Ni-As-U. Hydrotermální uranová ložiska jsou středně a nízko temperovaná. K hydrotermálním U ložiskům patří ložisko Jáchymov, Potůčky, Horní Slavkov a Kladská (sasko-durynská metalogenetická zóna), Medvědí, Přehrada, Jelení Vrch, Javorník a několik výskytů uranu v krystaliniku orlicko-kladské klenby (sudetská metalogenetická zóna), Licoměřice-Březinka, Bernardov a Líštiny (barrandiensko-železnohorská metalogenetická zóna) a řada U ložisek v moldanubické metalogenetické zóně, jako jsou Rožná-Olší, Jasenice, Slavkovice, Škrdlovice, Chotěboř, Brzkov, Polná ve východní části moldanubika, Příbram, Ustaleč, Dlažov, Předbořice a Okrouhlá Radouň v centrální části moldanubika, a Zadní Chodov, Dyleň a Anna v západní části moldanubika. Četné další výskytů uranové mineralizace v Českém masívu byly objekty geologického průzkumu, hodnocení i těžby uranu. Endogenní uranová mineralizace převážně náleží pozdní fázi variské orogeneze (265 miliónů let, prvohory) a období kimerského vrásnění (185 a 150 miliónů let, druhohory). Formy hydrotermální akumulace uranu jsou pravé žíly, mocné uranem nabohacené zóny a metasomatická mineralizace v granitických horninách. Většina endogenních ložisek uranu v Českém masívu je prostorově vázána na granitické horniny variského stáří s větším zastoupením ložisek v exokontaktu granitických těles.

Exogenní uranová mineralizace a exogenní ložiska uranu se nachází v platformním pokryvu Českého masívu. Syngenetické akumulace uranu v uhelných vrstvách a polohách jílu permokarbónských pánví (prvohory) mají často prvkové asociace U-Pb-Zn-Cu-Mo-(V). Epigenetické akumulace uranu v ložiskách uhlí vnitrosudetské pánve podmiňují zvýšenou radiaci uhelných hald a produktů jejich spalování.

Významná uranová mineralizace v sedimentech české křídové pánve je vyvinuta v horninách cenomanu (druhohory, křída) v nadloží hranice s krystalinikem, které je zvažováno jako zdroj uvolněného uranu. Charakteristickým znakem uranové mineralizace na ložiscích Stráž a Hamr je vazba uranu v sedimentech na organické substance a na pyrit. Uranová mineralizace je charakteristická prvkovou asociací U-Zr-Ti-P. Uranová mineralizace v třetihorních sedimentárních horninách sokolovské pánve a chebské pánve je vyvinuta v oblastech, kde podloží sedimentů tvoří žuly karlovarského masívu a smrčinského masívu. Akumulace uranu se nachází v pískovcích, uhelnatých jílech, uhelných vrstvách, tufech a tufitech. Významnými lokalitami uranové mineralizace jsou Odeř, Ruprechtov, Hroznětín.

 SÚRAO	Monitoring ovzduší z hlediska výskytu radonu a monitoring ionizujícího záření v místech známých anomálií	Evidenční označení:
		SÚRAO ZZ 272/2018


Koncentrace uranu v hydrotermálních ložiscích dosahuje hodnot 0,3 % U (3000 ppm U), koncentrace uranu v sedimentech české křídové pánve má průměrnou koncentraci 0,1 % U (1000 ppm U). Podrobné údaje o uranové mineralizaci v Českém masívu uvádí referenční literatura (ČSÚP, 1975; ČSÚP 1984; kol. autorů, 2003; DIAMO, 2016; Dahlkamp, 1993).

Velký počet uranových mineralizací a ložisek uranu lokalizovaných při průzkumu uranu v letech 1946 – 1990 v České republice o relativně malé rozloze (78866 km²) ukazuje na nezanedbatelnou přítomnost tohoto stopového prvku v horninách území státu.

2.3 Geofyzikální měření radioaktivity hornin v České republice

Radioaktivita hornin byla v České republice intenzivně zkoumána od roku 1946. Systematické plošné *geofyzikální letecké radiometrické mapování* území Československa bylo provedeno Geofyzikou Brno v měřítku 1:200 000 v letech 1957 – 1959. Měřena byla úhrnná gama aktivita (TC) za použití ruské letecké aparatury ASGM-25 s 72 Geiger-Müllerovými počítacími trubicemi VS-9, instalované v letadle AN-2. Letové profily byly vzdálené 2 km, výška letu byla 100 m, rychlost letu 150 km/hod. Letecká geofyzikální aparatura byla kalibrována pomocí bodového zdroje ²²⁶Ra. Výsledky stanovení terestrického záření gama na povrchu zemském byly vyjádřeny v expozičním příkonu (μR/h) v mapách profilů. Regionální letecké měření radioaktivity hornin a magnetického pole hornin pokrylo 100 % území České republiky. Detailní letecké geofyzikální radiometrické měření úhrnné gama aktivity v měřítku 1:25 000 bylo provedeno v letech 1961 – 1971 za použití aparatury ASGM-25 v letadle AN-2, nebo aparatury ARS-2 se scintilačním detektorem v helikoptéře. Detailní letecká radiometrická měření s letadlem AN-2 provedla Geofyzika Brno, měření v územích s členitým reliéfem s helikoptérou prováděl na území Československa ČSÚP. Letové profily byly vzdáleny 250 m, výška letu byla 80 m, rychlost letu 150 km/h, při použití helikoptéry 90 km/h. Aparatury byly kalibrovány bodovým zdrojem ²²⁶Ra. Detailní letecká měření úhrnné gama aktivity pokryla plošně území České republiky. Výsledky stanovení radioaktivity hornin na zemském povrchu byly vyjádřeny v expozičním příkonu záření gama (μR/h). Od roku 1976 byl pro detailní letecká geofyzikální měření radioaktivity hornin použit kanadský gama spektrometr DiGRS 3001 s objemem scintilačního detektoru NaI(Tl) 14,8 litru a od roku 1988 kanadský spektrometr GR-800 D s objemem scintilačních krystalů NaI(Tl) 33,6 litru. Měření provedla Geofyzika Brno. Letecké gama spektrometry byly kalibrovány na kalibrační základně ČSÚP v Bratkovovicích u Příbrami a lety nad kalibračními profily na Českomoravské vrchovině. Výsledky leteckých gama spektrometrických měření byly vyjádřeny mapami izolinií koncentrace draslíku (% K), uranu (ppm eU) a thoria (ppm eTh) v horninách, hlavních zdrojů gama záření hornin, a mapami izolinií úhrnné gama aktivity hornin vyjádřené v dávkovém příkonu záření gama (nGy/h). Letecká geofyzikální gamaspektrometrická měření na území České republiky občasně pokračují. Celkově je leteckou gamaspektrometrií pokryto přibližně 60 % plochy ČR.

Automobilový gama průzkum prováděl od roku 1953 Československý uranový průmysl (ČSÚP) aparaturami SG-14 a Ra-69 na měření úhrnné gama aktivity na přírodních polních a lesních cestách s průměrnou hustotou změřených tras 1,6 km/km². Od roku 1976 byl použit automobilový gama spektrometr DiGRS 2000 se scintilačním detektorem NaI (TI) 1,85 litru kalibrován na kalibrační základně ČSÚP.

 SÚRAO	Monitoring ovzduší z hlediska výskytu radonu a monitoring ionizujícího záření v místech známých anomálií	Evidenční označení:
		SÚRAO ZZ 272/2018


Pěší gama průzkum s měřením úhrnné gama aktivity prováděl ČSÚP od konce čtyřicátých let dvacátého století postupně s přenosnými radiometry vybavenými GM počítačemi, později se scintilačními detektory. Přístroje byly kalibrovány pomocí bodových zdrojů ^{226}Ra , výsledky měření nepravidelných tras a v pravidelných měřičských sítích byly vyjádřeny v expozičním příkonu záření gama v jednotkách $\mu\text{R/h}$ nebo pA/kg . Terénní spektrometrie byla zavedena v roce 1972 při použití sovětského analogového spektrometru SP-3M, od roku 1980 byly použity kanadské digitální spektrometry DISA 400 a GR-410 a posléze československé digitální mnohokanálové spektrometry GS-256. Měření bylo prováděno s detektorem přístroje na povrchu zemském nebo v mělkých jamkách. Spektrometry byly kalibrovány na kalibrační základně ČSÚP v Bratkovicích s velkoobjemovými standardy K, U a Th

Radonový průzkum ČSÚP (též označení *emanační průzkum*) byl prováděn od roku 1949 do roku 1983 v měřičských sítích $250 \times 5 \text{ m}$ a $50 \times 5 \text{ m}$ s hloubkou odběru vzorků půdního vzduchu do 1 m nebo 2 m. S vývojem měřicí techniky byly postupně používány sovětské detektory radonu (emanometry) SG-11, EM-6, od roku 1974 kanadské ETR-1 a od roku český detektor radonu RP-25. Radon v půdním vzduchu byl rovněž monitorován metodou alfa karet. Objemová aktivita radonu v půdním vzduchu byla vyjadřována v relativních hodnotách (dílký/s), v jednotkách Ci/litr, eman (1 eman = $3,7 \text{ kBq/m}^3$) a v Bq/litr.

Laboratorní analýzy radioaktivity horninových vzorků provázely všechny pozemní a vrtní práce prospekce uranu a radiometrického mapování v ČR. Tisíce laboratorních měření radioaktivity horninových vzorků bylo užito k charakterizaci obsahů přírodních radionuklidů K, U a Th v horninách ČR a pro interpretaci leteckých a pozemních radiometrických průzkumů.

2.4 Kalibrace geofyzikálních radiometrických přístrojů

Kalibrační základna pro terénní geofyzikální radiometrické přístroje byla ČSÚP zřízena v Bratkovicích u Příbrami v roce 1975 (Rojko et al., 1975). Společně s využitím geologických referenčních materiálů pro laboratorní gama spektrometrii, připravených Mezinárodní agenturou pro atomovou energii v roce 1987 (IAEA, 1987), přinesly význačné zlepšení kvality a spolehlivosti terénních a laboratorních radiometrických měření a jejich standardizaci. Kalibrační základna pro terénní gama spektrometry byla vybudována v souladu s doporučením IAEA (1989) ke konstrukci a užití kalibračních základen. Kalibrační základna sestává ze standardů pro kalibraci přenosných, leteckých a automobilových gamaspektrometrů a karotážních radiometrů. Standardy pro terénní a karotážní radiometrické přístroje jsou vždy 4 velkoobjemová cylindrická betonová tělesa, z nichž 3 jsou jednotlivě obohacená radionuklidy K, U a Th. Velkoobjemové kalibrační standardy simulují svým složením, radionuklidy a rozměry podmínky terénních měření radioaktivity hornin na povrchu zemském nebo ve vrtech. Parametry standardů kalibrační základny byly v roce 1992 porovnány se standardy Geological Survey of Canada (Grasty et al., 1991) (Killeen and Elliott, 1990). Kalibrační základna byla s. p. DIAMO přestěhována a v roce 2010 nově zřízena ve Stráži pod Ralskem.

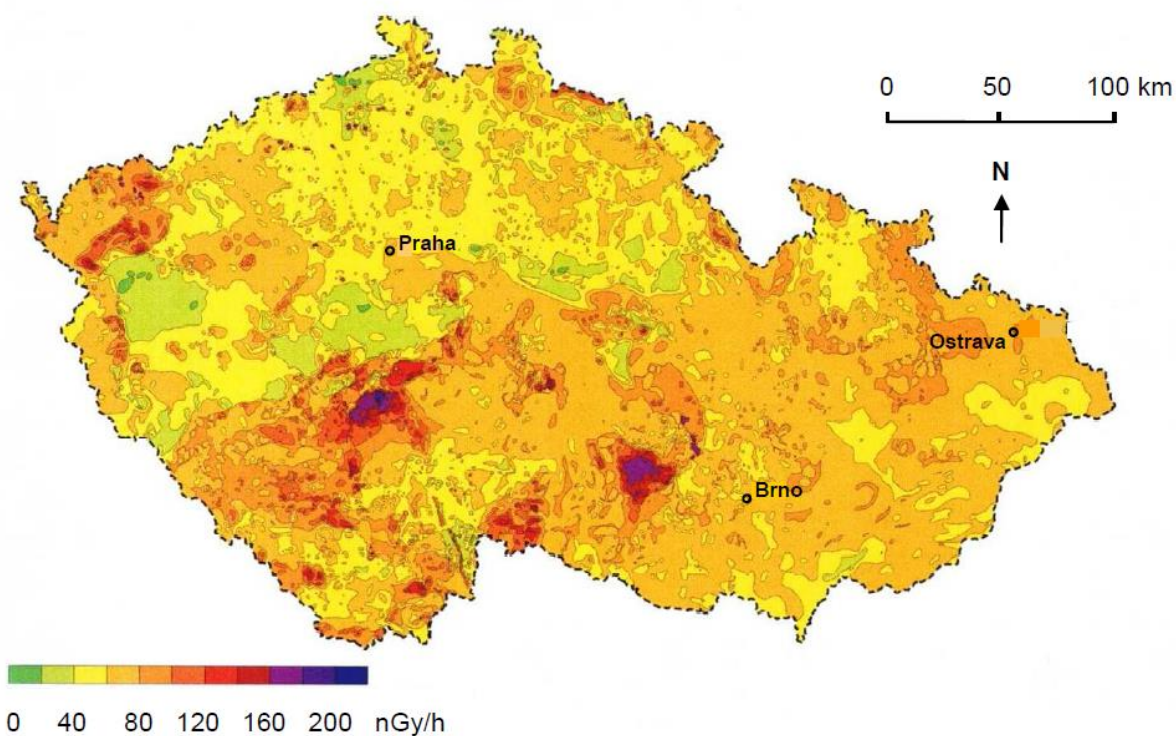
 SÚRAO	Monitoring ovzduší z hlediska výskytu radonu a monitoring ionizujícího záření v místech známých anomálií	Evidenční označení:
		SÚRAO ZZ 272/2018

2.5 Radiometrická mapa České republiky 1:500 000

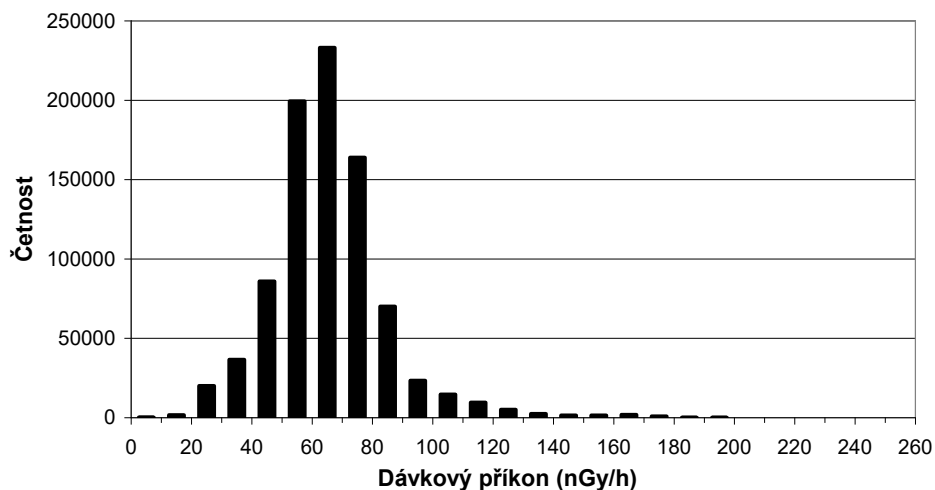
Pozemní geofyzikální radiometrická měření ČSÚP a dalších geologických organizací pokryla přibližně 35 % plochy ČR. Spolu s kompletním pokrytím území ČR leteckým geofyzikálním měřením jsou znalosti o radioaktivitě hornin a přírodního prostředí České republiky vysoké a umožnily konstrukci mapy radioaktivity hornin ČR (Matolín, 1997b).

Regionální letecká geofyzikální měření radioaktivity Československa v letech 1957 – 1959 bylo provedeno jednou aparaturou, jedním způsobem kalibrace přístroje a jednotnou metodikou měření a zpracování dat. Vznikl unifikovaný soubor radiometrických dat. Výsledky byly publikovány v Aeroradiometrické mapě 1:200 000 (ÚGÚ 1965) formou map profilů. Vzhledem ke dřívějšímu způsobu kalibrace leteckého radiometru, vlastnostem použitých detektorů, energetické diskriminaci přístroje a dopadu na výstupní hodnoty expozičního příkonu záření gama (Matolín, Dědáček 1974) byly údaje leteckého měření radioaktivity 1957 – 1959 nově zpracovány za použití postupu zpětné kalibrace (IAEA, 1990, IAEA 2003, IAEA 2010). Zpětná kalibrace radiometrických dat je založena na srovnání dat původního souboru s novými spolehlivými údaji. Stodvacet dva regionálních gamaspektrometrických profilů o délce 1 – 5 km, rozmístěných v celém území ČR a situovaných do hornin o nízké, střední a vysoké radioaktivitě, bylo v roce 1994 změřeno kalibrovaným a prověřeným přenosným gama spektrometrem GS-256 a byly stanoveny hodnoty dávkového příkonu záření gama hornin (nGy/h). Regrese digitalizovaných dat leteckého měření 1957 – 1959 a pozemní gama spektrometrie, s koeficientem korelace 0,933, určila převodní vztah pro data původního leteckého měření na hodnoty dávkového příkonu terestrického záření gama. Radiometrická mapa České republiky 1:500 000 byla vydána Českou geologickou službou v roce 1995 (Manová, Matolín 1995).


Zjednodušený obraz mapy dávkového příkonu záření gama hornin České republiky je uveden na obr. 1. Rozsah dávkového příkonu gama záření magmatických sedimentárních a metamorfovaných hornin České republiky je v mezích 6 – 245 nGy/h s aritmetickým průměrem $65,6 \pm 19,0$ nGy/h. Rozdělení hodnot dávkového příkonu je asymetrické (obr. 2) s intervalem nejčastějších údajů (90 %) v intervalu 31 – 88 nGy/h. Srovnání uvedených údajů s odhadem globální střední hodnoty dávkového příkonu hornin 54 nGy/h (UNSCEAR, 2008) ukazuje na zvýšenou radioaktivitu hornin v České republice. Nejvyšší radioaktivita v ČR odpovídá durbachitům, granitům a syenitům, nejnižší hodnoty podmiňují některé kvarcité pískovce, hadce a vápence. Typické koncentrace K, U a Th v regionálních geologických tělesech ČR uvádí Tab. 1. Systematický popis radioaktivity regionálních geologických celků v České republice uvádí publikace (Matolín 1970, Matolín 1976).



Obr. 1 Radiometrická mapa České republiky – mapa dávkového příkonu terestrického gama záření. (Manová, Matolín 1995, zjednodušeno)



Obr. 2 Histogram četností hodnot dávkového příkonu záření gama hornin České republiky

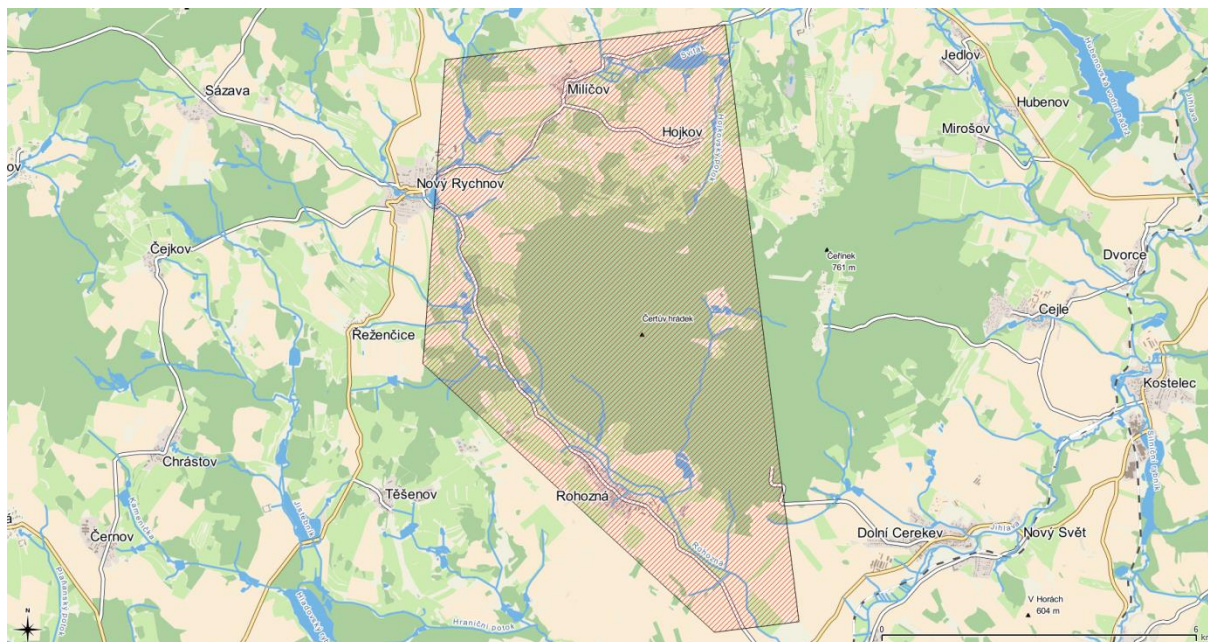
 SÚRAO	Monitoring ovzduší z hlediska výskytu radonu a monitoring ionizujícího záření v místech známých anomálií	Evidenční označení:
		SÚRAO ZZ 272/2018

Tabulka 1 Typické hodnoty koncentrace přírodních radionuklidů K, U a Th a hodnot dávkového příkonu terestrického záření v České republice.

Oblast	hornina	K	U	Th	D _a
		% K	ppm eU	ppm eTh	nGy/h
Adršpach	pískovce	0,1	0,6	2,1	9,9
Krucemburk	pískovce	0,9	1,8	4,2	33,0
Příbram	břidlice, droby	1,0	2,4	5,2	40,0
Dolní Rožínka	pararuly	1,7	3,5	8,7	63,9
Radostín n. Osl.	pararuly	2,0	3,3	7,6	64,0
Říp	alkalický čedič	1,2	3,4	13,6	68,9
Příbram	granodiorit	2,0	3,4	13,0	78,5
Budišov	durbachit	3,2	5,9	24,0	135,2
Bezděz	znělec	5,1	8,6	32,0	195,3

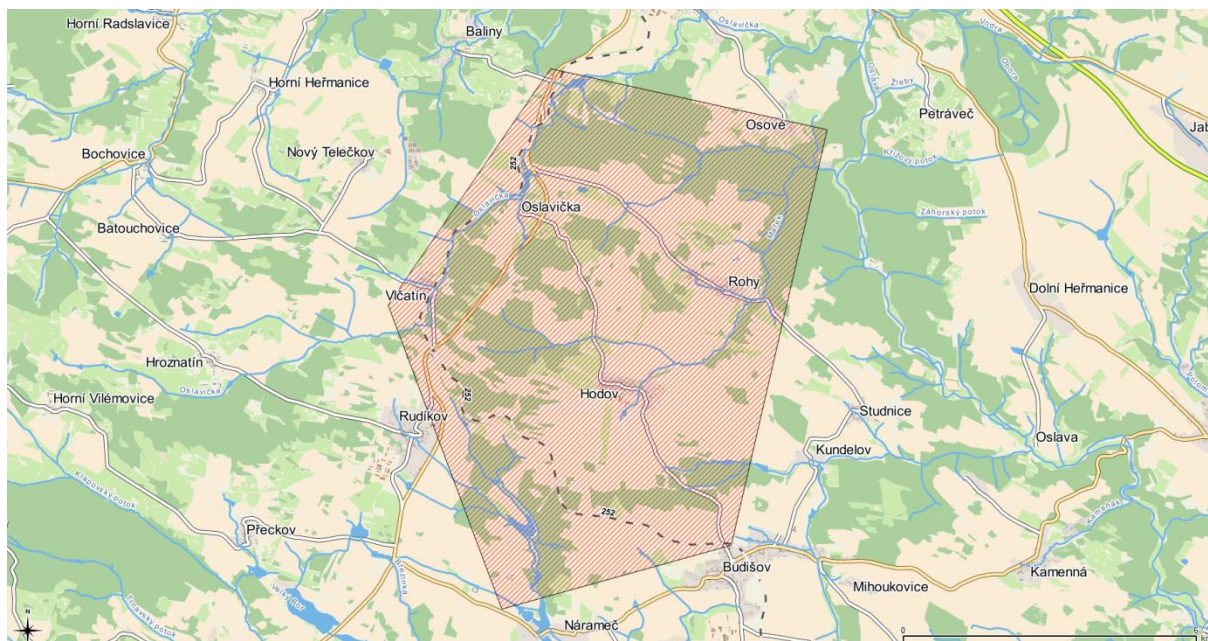
3. Regionální radioaktivita hornin v zájmových územích pro úložiště radioaktivních odpadů Horka, Hrádek, a Kraví hora

PÚZZZK Hrádek se nalézá JZ od Jihlavy v Kraji Vysočina v území obcí Rohozná, Nový Rychnov, Milíčov, Hojkov, Cejle, Dolní Cerekev (obr. 3). Území náleží k moldanubické oblasti Českého masívu s výskytem magmatitů, metamorfitů a v malé ploše kvartérních sedimentů. Podle geologických map ZM50 2323 a ZM50 2341 v měřítku 1:50000 (www.geology.cz) v centrální části území je rozsáhlé oválné těleso hrubozrnného porfyrického granitu (označení v geologické mapě číslem 1551), v jehož periferii se nachází jemnozrnné granity (1544), drobná až středně zrnité granity (1545), biotiticko muskovitické granity (1546) a hrubozrnné porfyrické granity (1552). Metamorfity jsou v území zastoupeny pararulami (1342), migmatity (1302) a velkým tělesem amfibolitů (1250) jižně od Dolní Cerekve.



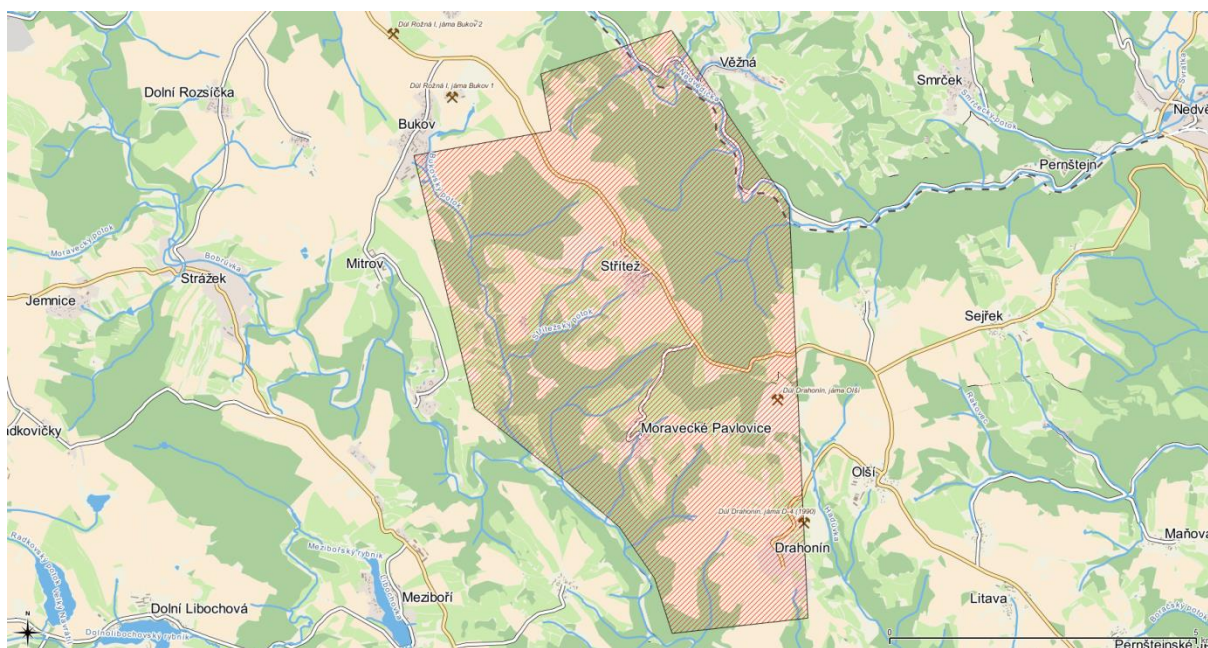
Obr. 3 PÚZZZK Hrádek

PÚZZZK Horka se nalézá jižně od Velkého Meziříčí v Kraji Vysočina, v území obcí Hodov, Rohy, Oslavička, Budišov, Nárameč, Vlčatín, Osové, Rudíkov a Oslavice (Obr. 4). Celé zájmové území se nachází v ploše třebíčského syenitového plutonu v moldanubické oblasti Českého masívu. Geologické mapy ZM50 2342 a ZM 50 2431 v měřítku 1:50 000 (www.geology.cz) vymezují monotonii litologické pole durbachitů popsaných jako porfyrické granity a syenity křemenné (1586) a hrubě porfyrické granity a syenity křemenné (1587). Oba typy jsou specifické přítomností amfibolu a biotitu.



Obr. 4 PÚZZZK Horka

PÚZZK Kraví hora se nachází mezi Velkým Meziříčím a Bystřicí pod Pernštejnem v Kraji Vysočina v areálu obcí Střítež, Drahonín, Moravecké Pavlovice, Bukov, Věžná, Sejřek, Milasín a Olší (Obr. 5). Pestrá série moldanubika je zastoupena řadou litologických typů metamorfovaných hornin vytvářejících protáhlá tělesa a pruhy různých mocností směru SSZ – JJV, které prostorově vymezuje geologická mapa ZM50 2413. V příčném profilu JZZ – SVV na hlavní směr struktur se na západ od Bukova nacházejí ruly (1320), západně Moraveckých Pavlovic velké těleso amfibolitu (2207), dále se střídají polohy migmatitů a ortorul (1179), velké těleso světlého granulitu (2215) mezi Bukovem a Moraveckými Pavlovicemi, polohy rul a migmatitů (2206), amfibolitu (2207) v oblasti vsi Nivy, migmatitů a rohovce (1307) u Olší a svorů u obce Sejřek (1205) (www.geology.cz).



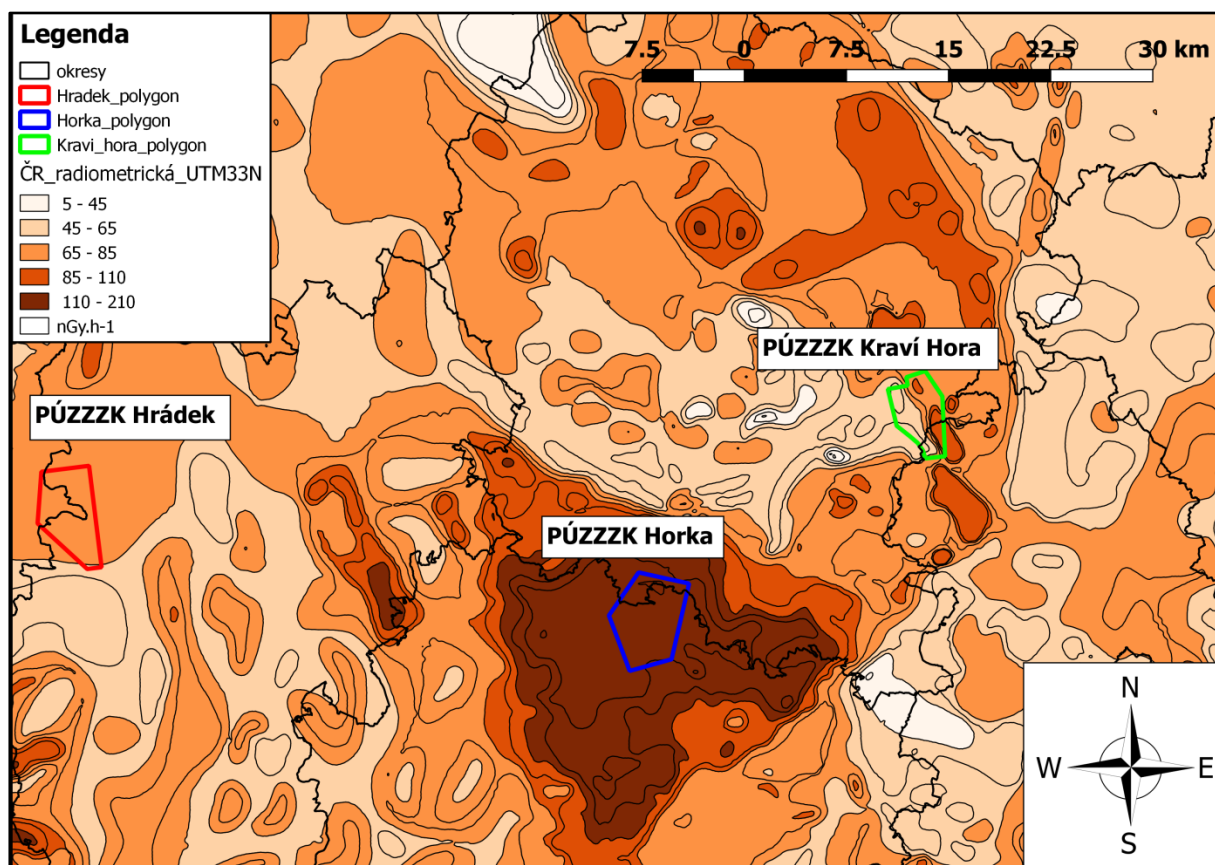
Obr. 5 *PÚZZK Kraví hora*

Radiometrická mapa České republiky 1:500 000 zobrazuje radioaktivitu hornin. Úsek radiometrické mapy regionu Třebíč (Obr. 6) umožňuje posoudit radioaktivitu geologických těles v zobrazeném území regionálně a umožňuje srovnání hodnot dávkového příkonu hornin v zájmových územích pro úložiště radioaktivních odpadů Hrádek, Horka a Kraví hora s okolím a regionem. Hodnotou pro relativní srovnání úrovně radiace je střední hodnota dávkového příkonu terestrického záření v ČR 66 nGy/h.

PÚZZK Hrádek vykazuje převážně jednotné pole dávkového příkonu záření gama 80 – 90 nGy/h odpovídající varietám přítomných variských granitů centrálního masívu. Ke snížení pole radiace v jižní části území přispívá těleso nízkoradioaktivních amfibolitů jižně Dolní Cerekve. Mapa radonového indexu ČGS 1:50 000 klasifikuje část zájmového území na západ od linie Dolní Cerekve – Cejle vysokým radonovým indexem (granity), na východ od linie středním radonovým indexem (ruly). V prostoru rozšíření amfibolitů jižně od Dolní Cerekve je radonový index nízký.

PÚZZK Horka se zcela nachází v ploše rozšíření durbachitů trebičského syenitového masívu s hodnotami dávkového příkonu záření gama v mezích 100 – 180 nGy/h. Durbachity

moldanubika vykazují nejvyšší radioaktivitu mezi variskými magmatity Českého masívu. Ve srovnání se středními hodnotami K, U a Th v zemské kůře je koncentrace K v durbachitech moldanubika nejčastěji dvojnásobná a koncentrace U a Th jsou až šestinásobně vyšší. O vysoké koncentraci uranu v horninách durbachitů třebečského syenitového masívu svědčí vysoké objemové aktivity radonu v obydlích uvedeného regionu. Durbachity jsou přítomné též ve středočeském plutonu na Milevsku, v území mezi Volary a Pískem a u Nového Města na Moravě kde podmiňují vysoké pole radiace. Charakteristické hodnoty durbachitů středočeského plutonu 5 %K, 16 ppm eU a 40 ppm eTh jsou ještě vyšší (obr. 1) než ukázala měření v oblasti lokality Horka. Mapa radonového indexu ČGS 1:50 000 klasifikuje celé území vysokým radonovým indexem.



Obr. 6 Radiometrická mapa České republiky 1:500 000 (Manová Matolín 1995) a zájmová území pro úložiště radioaktivních odpadů Hrádek, Horka a Kraví hora

PÚZZK Kraví hora má složitou geologickou stavbu a proměnné pole radioaktivity. Nad horninovými pruhy o malém plošném rozšíření letecké měření průměruje příspěvky pole gama záření jednotlivých litologických typů. V sv. části území s převládajícími rulami, migmatity a svory je interval dávkového příkonu záření gama převážně 80 – 120 nGy/h. Ve střední a jižní části lokality Kraví hora přítomnost rozsáhlého tělesa granulitů a amfibolitů podmiňuje relativně nižší pole záření gama 50 – 70 nGy/h. Tyto oba typy metamorfitů moldanubika jsou nízkými hodnotami radiace v Českém masívu typické. Mapa radonového indexu ČGS 1:50 000 klasifikuje plochy rul stupněm střední, plochy amfibolitů a granulitů stupněm radonový index nízký.

4. Anomálie radioaktivity v zájmových územích Horka a Kraví hora

Při průzkumu uranu v Československu od roku 1946 byl pozemním měřením metodami gama průzkumu a radonového průzkumu nalezen vysoký počet anomálií, z nichž některé po dalším ověření vedly k lokalizaci uranových mineralizací a otevření těžby uranu. Radiometrické anomálie v zájmovém území Horka byly lokalizovány při pozemním průzkumu uranu ČSUP v letech 1954 a 1988 – 1990, v zájmovém území Kraví hora v letech 1956 – 1959, 1971 – 1973 a v roce 1987. Pro účely posouzení radioaktivity hornin a přírodního prostředí na plochách zvažovaných pro úložiště radioaktivních odpadů je žádoucí archivované kvalitativní a kvantitativní údaje objektivně hodnotit.

4.1 Příčiny odchylek dat gama průzkumu

Měření jaderného záření je zatíženo pravděpodobnostním charakterem jaderných přeměn podmiňujícím *fluktuace měřeného pole jaderného záření*. Podstatný vliv na výsledky gama průzkumu mají úroveň *měřené četnosti impulsů a doba expozice*. Prvý parametr zcela závisí na *citlivosti detektoru radiometrického přístroje*. Polní přenosné radiometry užívané pro gama průzkum uranu v padesátých letech v ČR byly přístroje převážně s jednou Geiger-Müllerovou počítací trubicí a malou detekční účinností řádu jednotek %. Časy záměr v terénu byly při měření úhrnné gama aktivity v jednotkách a desítkách sekund a odhad chyb u analogových přístrojů dosahuje více než 20 % (Matolín, 2001).

Odezva radiometrického přístroje (imp/s) na měřené pole gama záření závisí na použitém detektoru a energetické diskriminační hladině (Energy threshold) přístroje. V důsledku zcela protichůdné detekční účinnosti Geiger-Müllerových počítacích trubic a scintilačních počítačů, v závislosti na energii detekovaného gama záření, nejsou odezvy konstrukčně rozdílných radiometrů na energie gama záření K, U a Th v horninách stejné. Stanovení uranových ekvivalentů draslíku a thoria pro daný přístroj, kalibrováný převážně zdrojem U (Ra), a velikost odchylek výsledků měření dosahujících až ± 20 % relativně při obvyklých změnách K, U a Th v horninách, uvádí literatura (IAEA, 1990).

Kalibrace geofyzikálních radiometrických přístrojů se do konce šedesátých let dvacátého století prováděla *pomocí bodových zdrojů ^{226}Ra* . Odezva detektoru radiometru na hodnotu pole expozičního příkonu záření gama standardu ^{226}Ra byla zjišťována na volném prostranství. Spektrum energie gama záření emitované bodovým zdrojem ve vzduchu se významně odlišuje od spektra energie gama záření stejného radionuklidu v hmotném prostředí (hornině) v důsledku degradace energií gama kvant Comptonovým rozptylem. Efekt kalibrace bodovým zdrojem ve vzduchu a následného měření radioaktivity hornin vede u radiometrů se scintilačním detektorem NaI (TI) až k dvojnásobnému nadhodnocení výsledků terénního měření (Novikov, Kapkov 1965). Kalibrační základny s trojrozměrnými standardy simulujícími podmínky terénního měření řeší uvedený problém.

Veličiny a jednotky pro popis pole záření gama byly v období 1946 – 1990 postupně měněny. Pole gama záření bylo vyjadřováno v expozičním příkonu v jednotkách $\mu\text{R/h}$, později v jednotkách pA/kg a posléze převážně v dávkovém příkonu s jednotkou nGy/h .

Stanovení dávkového příkonu záření gama sedmi různými přenosnými radiohygienickými a geofyzikálními přístroji včetně gamaspektrometrů bylo testováno společným měřením BfS (Berlín), BGR (Hannover) a PŘF UK (Praha) na 33 stanicích v SRN a ČR v roce 1997. Přístroje byly nezávisle kalibrovány v SRN a ČR. Rozdíly ve stanoveném dávkovém příkonu

na nízko a středně radioaktivních horninách byly v intervalu 0 – 20 nGy/h (0 – 66 % relativně) a až 50 nGy/h (do 40 %) na vysoce radioaktivních horninách (Matolín, 2017).

Terénní gama průzkum uranu v Československu, stejně jako v jiných zemích, byl zaměřen na lokalizaci anomálií radioaktivity. Z důvodů účelnosti gama průzkumu a ekonomiky prací nebyly při průzkumu monitorovány vlivy povětrnosti a vliv vegetace na výsledky měření.

Geofyzikální terénní gamaspektrometrická měření jsou převážně zaměřena na stanovení přírodních radionuklidů K, U a Th, které v podstatě určují radioaktivitu hornin. Geofyzikální gamaspektrometry jsou účelově kalibrovány pro geometrii měření na nekonečném rovinném povrchu zemském (geometrie $\omega = 2\pi$ sr) a homogenní distribuci radionuklidů v podložních horninách. Změna geometrických podmínek měření zdroj – detektor vede k odchylkám v kvantitativním určení radionuklidů v horninách. Průzkum uranu byl v Československu veden též gamaspektrometrickým měřením v jamkách a předvrtaných sondách. Vzrůst tělesného úhlu záření gama při umístění detektoru do vyhloubené jamky (geometrie $\omega > 2\pi$ sr) vede k nadhodnocení stanovených koncentrací K, U a Th. Pro kvantitativní odhad koncentrace K, U a Th v hornině je nezbytné výsledky analýz stanovené měřením v jamkách nebo vrtech opravit. Tabulka 2 uvádí násobné konstanty pro korekce gamaspektrometrického stanovení úhrnné gama aktivity (TC) a koncentrací K, U a Th při měření v jamkách hloubky h (m). (Matolín a kol. 2008).

Tabulka 2 Odhad násobných konstant pro převod zdánlivých koncentrací radionuklidů K, U a Th stanovených měřením v jamce na koncentrace stanovené měřením na zemském povrchu pro gama spektrometr kalibrovaný v geometrii $\omega = 2\pi$ (sr).

h (m)	TC	K	U	Th	Stanoveno
0,0	1	1	1	1	teoreticky
0,2	0,60	0,53	0,76	0,59	experimentálně
	0,59	0,59	0,59	0,59	teoreticky
0,4	0,42	0,39	0,59	0,41	experimentálně
	0,52	0,52	0,52	0,52	teoreticky
0,6 ?			0,60		Ref. ČSÚP

Při gama průzkumu uranu jsou lokalizované anomálie často následně výkopovými pracemi odkryty a geologicky a radiometricky zkoumány ve vykopaných rýhách. Radiometrická měření v rýhách jsou ovlivněna nestandardní geometrií měření a kvantitativní údaje o K, U a Th je nutné korigovat.

4.2 Radonový průzkum

V padesátých letech dvacátého století byl radonový průzkum ČSÚP veden sovětskými emanometry SG-11 s 0,5 litrovou ionizační komorou. Hodnota ionizačního proudu byla měřena pomocí elektroskopu, kontaminace ionizační komory byla kompenzována rozlišení radonu a thoronu bylo možné. Sondy do zeminy byly vytloukány pevnou železnou tyčí, odběr půdního vzduchu byl prováděn pomocí vkládaných odběrových tyčí s kuželem pro utěsnění

horniny. Takto byl půdní vzduch odsáván z celého vertikálního intervalu sondy v zemině. Přístroje byly kalibrovány pomocí tekutých standardů ^{226}Ra . Od sedmdesátých let byly k radonovému průzkumu převážně používány české emanometry RP-25, výrobky ZRUP Ostrov nad Ohří. Emanometry RP-25 využívaly ionizační komoru, ionizační proud byl měřen analogově, přístroj umožňoval rozlišení radonu a thoronu. Způsob odběru půdního vzduchu a odběrové sondy byly stejné jako u SG-11. Měření radonu metodou alfa karet bylo založeno na deposici produktů rozpadu radonu na kolektoru alfa karty umístěné na expozici několika dní do jamky v zemině. Terénní metody průzkumu uranu byly zaměřeny na lokalizaci anomálií radonu. Popsané metody, technika odběrů vzorků půdního vzduchu a způsob kalibrace přístrojů plnily požadavky pro vyhledávání anomálií, kvantitativní údaje o objemové aktivitě radonu v půdním vzduchu nutno hodnotit s opatrností.


Výsledky měření byly nejprve uváděny v jednotkách eman ($1 \text{ eman} = 3,7 \text{ kBq/m}^3$), později v Bq/litr (= kBq/m^3).

4.3 Hodnocení anomálií radioaktivity na lokalitách Horka a Kraví hora

Anomálie radioaktivity na lokalitě Horka podle evidence ČSÚP jsou v příloze 1. Kvantitativní interpretaci uvedených dat ztěžují chybějící informace a neověřené hodnoty:

- Pro povrchový gama průzkum měřením úhrnné gama aktivity jsou výsledky měření uvedeny v expozičním příkonu jednotkami pA/kg ($1 \text{ pA/kg} = 13,95 \text{ } \mu\text{R/h}$, odpovídá $121,2 \text{ nGy/h}$). V dokumentaci anomálií nejsou uvedeny použité přístroje, jejich detektory a způsob kalibrace přístrojů, které mohou uvedená data terénního gama průzkumu významně ovlivnit. Výsledky měření v příloze 1 uvádějí často hodnotu „normálního pole“ na durbachitech lokality Horka 5 pA/kg (= 606 nGy/h) velmi rozdílnou od obvyklých hodnot dávkového příkonu $130 - 200 \text{ nGy/h}$, který uvádí tab. 1 pro lokalitu Budišov, Radiometrická mapa ČR (obr. 1) a řada terénních měření na třebíčském syenitovém masívu.
- Pro gamaspektrometrii uplatněnou v letech 1989 a 1990 není vždy specifikována geometrie měření (povrch nebo ve vývrtu). Lze předpokládat, že gama spektrometry byly kalibrovány pro geometrii měření na povrchu zemském. Pro měření ve vrtech není uvedeno, zda-li byla zavedena korekce na geometrii měření, která redukuje hodnoty stanovené ve vrtu přibližně 2x. Standardně byla u ČSÚP oprava na geometrii měření ve vrtu zaváděna. Anomálie 073 Hodov uvádí rozporné údaje 91 pA/kg a 0 ppm U a stejně anomálie 047 Oslavice $11,8 \text{ pA/kg}$ a 0 ppm U .
- Stanovení objemové aktivity radonu v půdním vzduchu bylo na lokalitě Horka provedeno metodou alfa karet. Evidence anomálií neuvádí, zda-li a jak byl eliminován thoron. Normální pole objemové aktivity radonu v půdním vzduchu na lokalitě Horka je často uváděno hodnotou 5 Bq/litr (5 kBq/m^3), nereálnou pro pole radonu v durbachitech. Podle radonových map ČGS 1:50 000 jsou pro durbachity obvyklé hodnoty $50 - 100 \text{ kBq/m}^3$ a více. Uvedený údaj 5 Bq/litr naznačuje nesprávnou kalibraci pro použitou metodu radonového průzkumu alfa kartami.

V důsledku výše uvedeného archivní numerické hodnoty anomálií radioaktivity zjištěné na zájmovém území Horka je bez dalších potřebných informací žádoucí považovat za hodnoty relativní.

 SÚRAO	Monitoring ovzduší z hlediska výskytu radonu a monitoring ionizujícího záření v místech známých anomálií	Evidenční označení:
		SÚRAO ZZ 272/2018

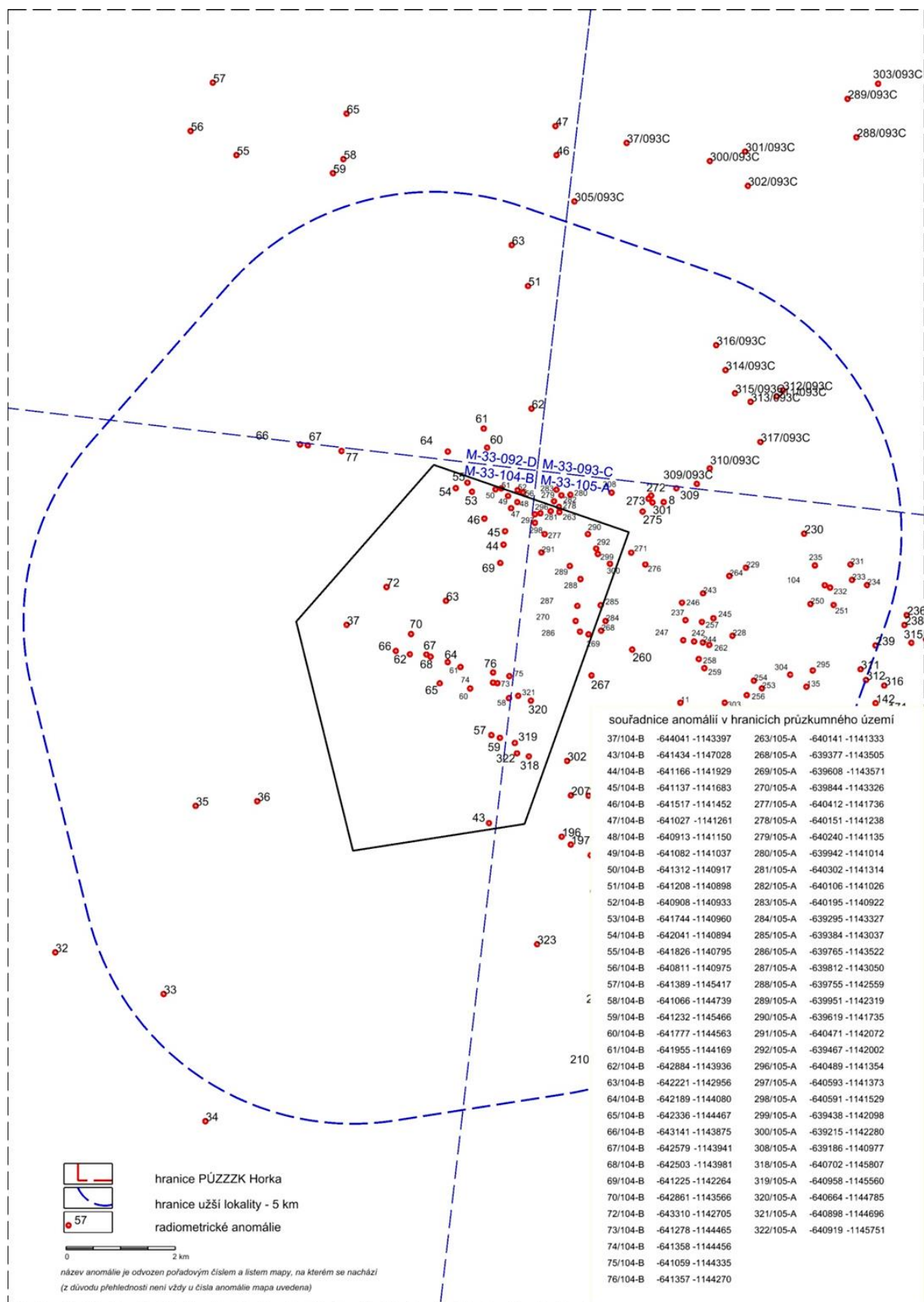
Zájmové území Horka leží v granitech - křemenných syenitech (durbachitech) třebíčského syenitového masívu s regionálně vysokou radioaktivitou. V tomto poli vystupují lokální anomálie vysoké radioaktivity 043 Oslavice, 047 Oslavice, 049 Oslavice, 050 Oslavice, 055 Oslavice, 056 Oslavice, 057 Hodov, 058 Hodov, 060 Hodov, 061 Hodov, 062 Hodov, 064 Hodov, 066 Hodov, 068 Hodov, 073 Hodov, 076 Hodov, 186 Budišov, 187 Budišov, 297 Oslavice a 320 Hodov. Ověření anomálií kopanými rýhami většinou indikovala oslabené zóny mocnosti do 1 m s nabohacením durbachitů biotitem, tektonickým jílem a limonitizací. Znaky uranové mineralizace vykazují anomálie 057 Hodov (Th/U 0,2 a gama aktivita s hloubkou prudce vzrůstá), 058 Hodov gama aktivita s hloubkou prudce roste), 060 Hodov (Th/U místy ≤ 1 , gama aktivita s hloubkou roste), stejně 061 Hodov, 062 Hodov, 064 Hodov (220 ppm U, Th/U 0,5, gama aktivita s hloubkou roste), 070 Hodov (82 ppm U, Th/U 0,4, gama aktivita s hloubkou roste), 183 Budišov (55 ppm U, Th/U 0,6, gama aktivita s hloubkou roste), 186 Budišov, 307 Budišov (67 ppm U, Th/U 0,6).

Anomálie radioaktivity na lokalitě Kraví hora podle evidence ČSÚP jsou v příloze 2. Zájmové území Kraví hora leží v pestré sérii moldanubika s rulami, amfibolity, granulity a blízkým ložiskem uranu Rožná I. Velké množství zjištěných anomálií v celém území se řadí do směru přítomných litologických pruhů hornin SSZ – JJV. Významné znaky uranové mineralizace, podle hledisek vysoké koncentrace radonu a vzrůstu radioaktivity s hloubkou od zemského povrchu, vykazují anomálie pásma Dolní Rožinka – Bukov – Habří, zejména 018 Bukov, anomálie 253 – 257 Habří, 008 Střítež, 009 Drahonín a 010 Drahonín.

Hlubinné úložiště radioaktivních odpadů by se z důvodů radiohygieny, komfortu prostředí pro pracovníky a možnosti monitorování případných změn radiace mělo nalézat mimo geologické struktury se znaky U nebo Th mineralizace. Údaje o měření radioaktivity na zemském povrchu jsou prvotní informací, rozhodné posouzení parametru radioaktivity hornin určí radiometrická měření v projektované hloubce úložiště. Parametr radioaktivity, významný, je pouze jedním s posuzovaných parametrů pro hlubinné úložiště radioaktivních odpadů.

Literatura

- ČSUP (1975): 30 let československého uranového průmyslu. SNTL, Praha.
- ČSUP (1984): Československá ložiska uranu. SNTL, Praha
- Dahlkamp, F. (1993): Uranium Ore deposits. Springer-Verlag, Berlin.
- DIAMO (2016): Sedmdesát let uranového průmyslu. DIAMO, s.p.
- Grasty, R.L., Holman, P.B., Blanchard, Y.B. (1991): Transportable Calibration Pads for Ground and Airborne Gamma-ray Spectrometers. GSC paper, 90-23.
- IAEA (1987): Preparation and Certification of IAEA Gamma-ray Spectrometry Reference Materials RGU-1, RGTh-1 and RGK-1. Report - IAEA/RL/148. IAEA, Vienna.
- IAEA (1989): Construction and Use of Calibration Facilities for Radiometric Field Equipment. TRS No. 309, IAEA, Vienna.
- IAEA (1990): The Use of Gamma Ray Data to Define the Natural Radiation Environment. IAEA-TECDOC-566. IAEA, Vienna.
- IAEA (2003): Guidelines for Radioelement Mapping Using Gamma-ray Spectrometry Data. IAEA-TECDOC-1363. IAEA, Vienna.
- IAEA, 2010. Radioelement Mapping. IAEA Nuclear Energy Series No. NF-T-1.3. IAEA, Vienna, pp. 1-108.
- Killeen, P.G., Elliott, B.E. (1990): Model Boreholes for Gamma Ray Logging: Intercalibration of North American and European Calibration Facilities. In Transactions of the 13th SPWLA European Formation Evaluation Symposium, Budapest, October 22-26, 1990, paper GG, pp. 1-14.
- Kol. autorů (2003): Rudné a uranové hornictví České republiky. ANAGRAM, Ostrava.
- Manová, M., Matolín, M. (1995): Radiometrická mapa České republiky 1:500 000. CGS, Praha 1-19.
- Matolín, M. (1970): Radioaktivita hornin Českého masívu. Academia, Praha, 1-99.
- Matolín, M. (1976): Radioaktivita hornin Západních Karpat. UK Praha, 1-127.
- Matolín, M. (2001): Reliability and deviations of radiometric data. Proc. of the IAEA Technical Committee Meeting, Vienna, 10-13 June 1997, IAEA TECDOC-1258, 219-222.
- Matolín, M., (1997a): Radiometric map of the Czech Republic and uranium mineralization. Proc. of the IAEA Technical Committee Meeting, Kiev, 22 – 26 May 1995, IAEA-TECDOC-961, 207 – 222.
- Matolín, M. (1997b): Terrestrial Gamma Dose Rate Maps, Their Compilation and Verification - Radiometric Map of the Czech Republic. Uranium exploration data and techniques applied to the preparation of radioelement maps. Proc. of a TCM, IAEA, 13-17 May 1996, IAEA- TECDOC-980, IAEA, Vienna, pp. 53-57.
- Matolín M., (2017): Verification of the radiometric map of the Czech Republic. Journal of Environmental Radioactivity 166 (2017) 289-295.
- Matolín, M., Dědáček, K. (1974): The causes in differences in the maps of total gamma ray activity of rocks. Acta Univ. Carolinae-Geologica 4, 371-383. Praha.
- Matolín, M., Šuráň, J. (1989): Characteristics of uranium mineralization in the Bohemian Massif. Paper presented at the IAEA Technical Committee Meeting on „Uranium resources and geology in Europe, Mariánské Lázně, 18.9. – 22.9.1989, 13 p.
- Novikov G.F., Kapkov J.N. (1965): Radioaktivnye metody razvedki. Nedra, Leningrad.
- Rojko, R., Zeman, J., Staněk, M. (1975): Výstavba cejchovací základny pro terénní spektrometry gama. Zpráva GP ČSUP, Liberec.
- Sattran, V. et al. (1966): Problémy metalogeneze Českého masívu. Sborník geol. věd, řada LG, sv. 8, Praha
- ÚGU (1965): Aeroradiometrická mapa ČSSR 1:200 000. UNSCEAR, 2008. Sources and Effects of Ionizing Radiation. UNSCEAR, New York.

Příloha 1


Úkol: Třebíčský masív - Budišov

Katalog radiometrických anomálií

č. úkolu: 22 93 4004 1 2 250 3710 3

str. 2

Poř. č.	Mapa 1:50 000	Číslo a název anomálie	Nalezena: rok, metoda měřítka	Geofyzikální charakteristika	Druh ověř. prací s jejich symboly	Geologická charakteristika anomálie
1.	M-33-92-D	060 Oslavice	1989 HGP 1:5 000	Bodová anomálie X s max. 20,2 pA/kg na norm. poli 6 pA/kg v hloubce 2,5 m na dně sondy.	Anomálie nebyla ověřena	
2.	M-33-92-D	061 Oslavice	1989 HGP 1:5 000	Dva izolované anomální body X 16,2 pA/kg, vzdálené 50 m v hloubce 1,6 m a 3,2 m při norm. poli 5,0 pA/kg. Maximum v hl. 1,6 m je lokální, druhé je na dně sondy.	Ověřena rýhami M-824, M-825 a mělkou šachticí Š-335	Anomálie je vázána na sisklaci až 1 m mocnou směru 270/90°. Výplň dislokace je jílovito-písčité, slabě limonitizovaná, max. X - 10,0 pA/kg.
3.	M-33-92-D	062 Oslavice	1989 HGP 1:5 000	Anomálie X nepravidelného tvaru s max. X 24,8 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg. Maximum leží v hloubce 2 m na dně sondy, všeobecně X s hloubkou ostře roste. Rozměry anomálie jsou 30x10 m, směr SZ-JV.	Ověřena rýhou M-840	Anomálie litologického charakteru vázaná na durbachity s vyšším obsahem biotitu, max. X - 8,2 pA/kg.
4.	M-33-92-D	064 Oslavice	1989 alfa karty 1:10 000	Anomálie koncentrace emanace mozaikovitěho tvaru s max. 233 Bq/l při norm. poli 40 Bq/l. Anomálie má rozměry minimálně 70x60 m, detailizace v 2m sondách nebyla provedena do norm. pole. Maximální X 7,0 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg není anomální. X s hloubkou mírně roste.	Anomálie nebyla ověřena	
5.	M-33-104-B	037 Višatín	1954 pěší ganapr. 1:25 000 - 1:50 000	Anomálie X s max. 5,0 pA/kg při norm. poli 1,3 pA/kg. Další údaje nejsou známy - nedochovala se dokumentace.	Ověřena rýhami K-2, K-3 a K-3a	Dokumentace se nedochvala.
6.	M-33-104-B	043 Oslavice	1989 alfa karty 1:10 000	Anomálie koncentrace emanace mozaikovitěho tvaru s max. 777 Bq/l při norm. poli 15 Bq/l na ploše min. 80x50 m. Detailizace v 2m sondách nebyla provedena do norm. pole. Maximální X 7,7 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg není anomální. Emanace je komplexního typu (50-75 X Rn).	Ověřena rýhami R-862 a R-863	Anomálie vázaná na 10cm polohu narůžovělých hornin tvořených převážně narůžovělými žilci s minimem tvavých minerálů (metasomatické vlivy?) - R-862.
7.	M-33-104-B	044 Rohy	1989 alfa karty 1:10 000	Anomálie koncentrace emanace mozaikovitěho tvaru s max. 370 Bq/l při norm. poli 10 Bq/l na ploše min. 100x80 m - detailizace v 2m sondách nebyla dokončena do norm. pole. Maximální X 12,5 pA/kg není anomální. X s hloubkou zvolna roste.	Anomálie nebyla ověřena	
8.	M-33-104-B	045 Rohy	1989 alfa karty 1:10 000	Anomálie koncentrace emanace mozaikovitěho tvaru s max. 148 Bq/l při norm. poli 10 Bq/l na ploše min. 70x50 m. Detailizace v 2m sondách nebyla dokončena do norm. pole. Max. X 8,2 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg není anomální.	Anomálie nebyla ověřena	
9.	M-33-104-B	046 Rohy	1989 alfa karty 1:10 000	Anomálie koncentrace emanace je tvořena skupinou izolovaných anomálních bodů s max. 55 Bq/l při norm. poli 5 Bq/l na ploše 80x20 m. Maximální X 9,7 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg není anomální. Koncentrace emanace nemohla být změřena pro zvodnělý terén.	Anomálie nebyla ověřena	
10.	M-33-104-B	047 Oslavice	1989 alfa karty 1:10 000	Anomálie X a koncentrace emanace mozaikovitěho tvaru. Anomálie X má max. 11,8 pA/kg při norm. poli 3,2 pA/kg na ploše 80x35 m. X s hloubkou ostře roste. Max. koncentrace emanace je 740 Bq/l při norm. poli 20 Bq/l, plocha anomálie je min. 60x100 m, detailizace v 2m sondách není dokončena do norm. pole. Podle GS v sondách K - 5,4 X, U - 0, Th - 115 ppm.	Anomálie nebyla ověřena	
11.	M-33-104-B	048 Oslavice	1989 alfa karty 1:10 000	Anomálie X i koncentrace emanace mozaikovitěho tvaru. Anomální pole X má max. 19,5 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg a rozměry 50x40 m, X s hloubkou ostře vzrůstá. Pole koncentrace emanace má max. 296 Bq/l při norm. poli 10 Bq/l a rozměry min. 100x80 m (detailizace nebyla dokončena do norm. pole).	Ověřena rýhami R-879 a R-880	Anomálie je vázána na tektonické jílovito-písčité švy o mocnosti až 5 cm směru 50-70/70-90° JV. Maximum X - 8,6 pA/kg.

Úkol: Třebíčský masív - Budišov
 č. úkolu: 22 93 4004 1 2 250 3710 3

 Katalog radiometrických anomálií
 str. 3

Poř. č.	Mapa 1:50 000	Číslo a název anomálie	Nalezena: rok, metoda měřítka	Geofyzikální charakteristika	Druh ověř. prací s jejich symboly	Geologická charakteristika anomálie
12.	M-33-104-B	049 Oslavice	1989 alfa karty 1:10 000	Anomálie koncentrace emanace nepravidelného tvaru s max. 592 Bq/l při norm. poli 20 Bq/l na ploše min. 150x110 m - detailizace anomálie v 2m sondách nebyla dokončena do norm. pole. Maximum \bar{X} 11,8 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg není anomální. \bar{X} s hloubkou zvolna vzrůstá. Podle GS v sondách K = 5,9 %, U = 17 ppm, Th = 82 ppm, Th/U = 4,9.	Ověřena rýhami R-849 a R-850	Anomálie vázaná na dislokaci 10 cm mocnou s horninovou drtí, limonitizovanou, směru 25/85 ° JV s \bar{X} - 7,2 pA/kg (R-850)
13.	M-33-104-B	050 Oslavice	1989 alfa karty 1:10 000	Anomálie koncentrace emanace mozaikovitěho tvaru s max. 3 700 Bq/l při norm. poli 10 Bq/l s rozměry min. 130x70 m - detailizace v sondách do 2 m nebyla dokončena do norm. pole. Max. \bar{X} 11,8 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg není anomální, \bar{X} s hloubkou ostře vzrůstá.	Ověřena rýhami R-853 a R-855	Anomálie litologického charakteru vázaná na balvanitě rozpadavé durbachity s vyšším obsahem biotitu.
14.	M-33-104-B	051 Oslavice	1989 alfa karty 1:10 000	Anomálie \bar{X} i koncentrace emanace. Anomálie \bar{X} je bodová s max. 17,6 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg, \bar{X} s hloubkou ostře vzrůstá. Anomálie koncentrace emanace je mozaikovitěho tvaru s max. 518 Bq/l při norm. poli 20 Bq/l na ploše minimálně 240x130 m - detailizace v 2m sondách nebyla dokončena do norm. pole. Podle GS v sondách je K = 5,2 %, U = 23 ppm, Th = 113 ppm, Th/U = 5,0.	Ověřena rýhami R-848 a R-848a	Anomálie litologického charakteru vázaná na durbachity s vyšším obsahem biotitu, max. \bar{X} - 8,6 pA/kg.
15.	M-33-104-B	052 Oslavice	1989 alfa karty 1:10 000	Anomálie koncentrace emanace s max. 555 Bq/l při norm. poli 20 Bq/l mozaikovitěho tvaru na ploše min. 60x60 m - detailizace v 2m sondách nebyla dokončena do norm. pole. Maximum \bar{X} 11,8 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg není anomální.	Anomálie nebyla ověřena	
16.	M-33-104-B	053 Oslavice	1989 alfa karty 1:10 000	Anomálie koncentrace emanace mozaikovitěho tvaru s max. 466 Bq/l při norm. poli 20 Bq/l na ploše min. 80x70 m - detailizace nebyla dokončena do norm. pole. Typ anomálie je komplexní (35 % Rn). Maximální \bar{X} 11,8 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg není anomální. \bar{X} s hloubkou mírně roste nebo je konstantní. Podle GS v sondách je K = 5,9 %, U = 37 ppm, Th = 54 ppm, Th/U = 1,4.	Ověřena rýhou R-882	Anomálie litologického charakteru vázaná na durbachity s vyšším obsahem biotitu. Anomální zvýšení \bar{X} nebylo zjištěno.
17.	M-33-104-B	054 Oslavice	1989 alfa karty 1:10 000	Anomálie \bar{X} a koncentrace emanace. Anomálie \bar{X} je tvořena 2 anomálními body 9,9 pA/kg při norm. poli 3,0 pA/kg, vzdálenými 25 m. \bar{X} s hloubkou prudce vzrůstá. Anomálie koncentrace emanace je mozaikovitěho tvaru s max. 592 Bq/l při norm. poli 10 Bq/l na ploše min. 111x50 m - detailizace anomálie v 2m sondách nebyla dokončena do norm. pole. Podle GS v sondách K = 4,2 %, U = 14 ppm, Th = 32 ppm, Th/U = 2,3.	Anomálie nebyla ověřena	
18.	M-33-104-B	055 Oslavice	1989 alfa karty 1:10 000	Anomálie koncentrace emanace mozaikovitěho tvaru s max. 3 034 Bq/l při norm. poli 20 Bq/l. Rozměry anom. pole jsou min 140x100 m - detailizace anomálie nebyla dokončena do norm. pole. Typ anomálie je komplexní až radonový - 40-90 % Rn. Max. \bar{X} 13,6 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg není anomální, \bar{X} s hloubkou zvolna roste.	Ověřena rýhou M-854	Anomálie litologického charakteru vázaná na durbachity s vyšším obsahem biotitu. Maximum \bar{X} - 10,0 pA/kg.
19.	M-33-104-B	056 Oslavice	1989 alfa karty 1:10 000	Anomálie koncentrace emanace mozaikovitěho tvaru s max. 598 Bq/l při norm. poli 30 Bq/l na ploše min. 60x60 m - detailizace anomálie nebyla dokončena do norm. pole. Typ anomálie je Tn (25 % Rn). Max. \bar{X} 13,9 pA/kg při norm. poli 6,0 pA/kg není anomální, \bar{X} s hloubkou prudce vzrůstá.	Anomálie nebyla ověřena	

Úkol: Třebíčský masív - Budišov
 č. úkolu: 22 93 4004 1 2 250 3710 3

 Katalog radiometrických anomálií
 str. 4

Poř. č.	Mapa 1:50 000	Číslo a název anomálie	Nalezena: rok, metoda měřítko	Geofyzikální charakteristika	Druh ověř. prací s jejich syaboly	Geologická charakteristika anomálie
20.	M-33-104-B	057 Hodov	1990 HGP 1:5 000	Anomálie X mozaikovitého tvaru, protažená ve směru 110 ° s max. více jak 94,0 pA/kg při norm. poli 4,5 pA/kg na ploše 50x20 m. Maximální X je v hloubce 2-3 m, X s hloubkou prudce vzrůstá. Podle GS K = 0 %, U = 244 ppa, Th = 53 ppa, Th/U = 0,2.	Ověřena rýhou M-965	Anomálie je vázána na tektonickou dislokaci směru 280/90 ° o mocnosti 200 cm. Výplň tvoří limonitizovaná horninová drť. Maximum X je 32,0 pA/kg, obsah U 0,034 %.
21.	M-33-104-B	058 Hodov	1990 HGP 1:5 000	Anomálie X mozaikovitého tvaru s max. 90,0 pA/kg při norm. poli 5,5 pA/kg na ploše 55x20 m. Anomálie je protažena ve směru 110 °, anomální X leží v hloubkách od 0,5 do 3 m, X do hloubky prudce roste.	Ověřena rýhami M-934, M-935, M-936 a M-937	Anomálie je spjata s tektonickou dislokací směru 285/90 ° o mocnosti 140 cm, tvořenou alterovanými durbachtily s drobnými jílovitými švy. X se pohybuje v rozmezí od 21,6 do 28,7 pA/kg.
22.	M-33-104-B	059 Hodov	1990 HGP 1:5 000	Anomálie X je tvořena skupinou izolovaných bodů směru 110 ° s max. 23,5 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg na ploše 90x5 m. Anomální X se nachází v hloubce 1-3 m, X s hloubkou vzrůstá. Podle GS K = 3,6 - 5,2 %, U = 26,5 - 14 ppa, Th = 154,7 - 40,4 ppa, Th/U = 5,8 - 2,9.	Anomálie nebyla ověřena	
23.	M-33-104-B	060 Hodov	1990 HGP 1:5 000	Anomálie X mozaikovitého tvaru s max. 168,6 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg generelního sm. 100 ° na ploše 250x70 m. Anomálie X se nachází v hloubkách 0 - 3,0 m, nejvyšší hodnoty jsou na dně sond. X s hl. ostře vzrůstá. Podle GS K = 1,2 - 3,2 %, U = 20,6 - 78,7 ppa, Th = 19,8 - 521 ppa a Th/U = 0,3 - 10,3.	Ověřena rýhami M-954, M-955 a mělkou šachticí Š-343	Anomálie je vázaná na tektoniku směru 90/85 ° S o mocnosti 40 cm s jílovito-písčitou horninovou drťí, maximum X v kutáčích rýhách je 46,0 pA/kg, anomální zvýšení X v mělké šachtici nebylo zaznamenáno.
24.	M-33-104-B	061 Hodov	1990 HGP 1:5 000	Anomálie X protaženého tvaru směru 100 ° s max. 104,0 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg na ploše 330x30 m. Anomální X se nachází v hloubkách 1 - 4,4 m, maxima ve dně sond. X s hloubkou ostře vzrůstá. Podle GS K = 1,2 - 1,4 %, U = 51,9 - 130,5 ppa, Th = 36,4 - 81,4 ppa, Th/U = 0,6 - 0,7.	Ověřena mělkými šachticemi Š-340 a Š-341	Anomálie je vázaná na tektonickou dislokaci směru 280-285/80 ° JZ o mocnosti 40 cm. Výplň tvoří horninová drť s hematitizovaným jílem. Výrazná hematitizace je rovněž v okolí dislokace. Maximum X - 150,0 pA/kg.
25.	M-33-104-B	062 Hodov	1990 HGP 1:5 000	Anomálie X protaženého tvaru směru 100 ° s max. 86,7 pA/kg při norm. poli 5,5 pA/kg na ploše 310x30 m. Anomální hodnoty X se nacházejí v hloubce 0,6 - 3,4 m, maxima v hloubce 2 m. X s hloubkou vykazuje výrazné lokální zvýšení při rostoucí hodnotě pole X. Podle GS K = 2,8 - 5,9 %, U = 9,7 - 95,5 ppa, Th = 31,4 - 118,0 ppa, Th/U = 0,3 - 11,1.	Ověřena rýhami M-966 až M-974, M-979 až M-981 a mělkými šachticemi Š-345 a Š-346	Anomálie je vázaná na dislokaci směru 270-280/75-80 ° J o průměrné mocnosti 50 cm. Výplň tvoří tektonická brekie s tektonickým jílem. Maximum X je 42,9 pA/kg.
26.	M-33-104-B	063 Hodov	1990 HGP 1:5 000	Anomálie X mozaikovitého tvaru s maximum 20,0 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg na ploše 80x30 m. Hloubka sond 2-5 m, anomální X se nachází v hloubce 2 - 2,3 m. X s hloubkou vykazuje lokální anomálii a nebo s hloubkou roste.	Ověřena rýhami M-983 a M-984	Anomálie je patrně litologická, vázaná na rozložené durbachtily.
27.	M-33-104-B	064 Hodov	1990 HGP 1:5 000	Anomálie X protaženého tvaru směru 120 ° s max. 89,0 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg na ploše 90x15 m. Hloubka sond 2-5 m, anomální hodnoty se nacházejí při konci sond v hloubce 3,6 - 5 m. X s hl. prudce vzrůstá. Podle GS K = 4,3 %, U = 220,5 ppa, Th = 104,3 ppa, Th/U = 0,5.	Ověřena mělkou šachticí Š-342	Anomálie je spjata s dislokací směru 290/80 ° JZ o mocnosti 30 cm. Výplň tvoří hematitizovaná horninová drť, max. X - 42,9 pA/kg.
28.	M-33-104-B	065 Hodov	1990 HGP 1:5 000	Anomálie X bodového tvaru s max. 27,0 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg v hloubce 0,8 - 2 m. X s hloubkou ostře vzrůstá.	Anomálie nebyla ověřena	

Úkol: Třebíčský masív - Budišov
 č. úkolu: 22 93 4004 1 2 250 3710 3

 Katalog radiometrických anomálií
 str. 5

Poř. č.	Mapa 1:50 000	Číslo a název anomálie	Nalezena: rok, metoda měřítka	Geofyzikální charakteristika	Druh ověř. prací s jejich symboly	Geologická charakteristika anomálie
29.	M-33-104-B	066 Hodov	1990 eman. a gama pr. do 2 m 1:5 000	Anomálie X i koncentrace emanace. Anomálie X je mozaikovitého tvaru s max. 56,4 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg na ploše 100x40 m. X s hloubkou ostře vzrůstá, maxima se nacházejí na dně sond v hloubce 1 m. Anomálie koncentrace emanace je mozaikovitého tvaru s max. 137 Bq/l při norm. poli 20 Bq/l na ploše min. 140x80 m - detailizace anomálie nebyla dokončena do norm. pole. Koncentrace emanace s hloubkou vzrůstá.	Ověřena rýhou R-959	Anomálie je patrně vázaná na tektoniku směru V-Z (v místě maxima X výron podzemní vody). Byly zjištěny dislokace směru 80/80 ° S, mocnost od 2 do 10 m, maximum X - 30,1 pA/kg.
30.	M-33-104-B	067 Hodov	1990 HGP 1:5 000	Anomálie X bodového tvaru s maximem 43,6 pA/kg při norm. poli 4,0 pA/kg - výrazná anomálie v hloubce 1,5 - 2,2 m. Podle GS K = 1,6 %, U = 34,0 - 35,8 ppm, Th = 131,0 - 164,0 ppm, Th/U = 3,9 - 4,6.	Anomálie nebyla ověřena	
31.	M-33-104-B	068 Hodov	1990 HGP 1:5 000	Anomálie X mozaikovitého tvaru s maximem 78,8 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg na ploše 100x35 m, generelního směru 110 °. X s hloubkou ostře vzrůstá, anom. hodnoty se nacházejí v hloubce 0,8 - 3,4 m, maxima jsou většinou při dně sond. Podle GS K = 2,7 - 4,1 %, U = 34,0 - 77,0 ppm, Th = 47,7 - 416,0 ppm, Th/U = 1,4 - 5,4.	Ověřena rýhou M-971 a mělkou šachticí Š-344	Anomálie je vázaná na dislokaci směru 270/80 ° J o mocnosti 20-30 cm. Výplň dislokace tvoří silně tektonicky postizované chloritizované durbachity. Maximum X - 36,5 pA/kg.
32.	M-33-104-B	069 Rohy	1990 HGP 1:5 000	Anomálie X bodového tvaru s maximem 15,4 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg. X vykazuje nevýrazné lokální zvýšení v hloubce 2 m.	Anomálie nebyla ověřena	
33.	M-33-104-B	070 Hodov	1990 HGP 1:5 000	Anomálie X protaženého tvaru s maximem 19,5 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg, směru 100 ° na ploše 40x5 m. X vykazuje lokální výrazné zvýšení při rostoucí hodnotě pole X, anomální poloha se nachází v hloubce 1,8 - 3,0 m. Podle GS K = 2,8 %, U = 82 ppm, Th = 35 ppm, Th/U = 0,4.	Ověřena rýhami M-979 a M-980	Anomálie je vázaná na dislokaci směru 270-285/50 ° J, tvořenou drcenými limonitizovanými durbachity. Maximum X - 12,9 pA/kg.
34.	M-33-104-B	071 Hodov	1990 HGP 1:5 000	Anomálie X bodového tvaru s maximem 20,4 pA/kg při norm. poli 6,0 pA/kg na ploše 10x10 m. X s hloubkou ostře vzrůstá, anomální hodnota se nachází v hloubce 2 - 2,8 m.	Ověřena rýhou M-982	Anomálie je vázaná na tektonickou dislokaci směru 285/80 ° S. Výplň tvoří limonitizovaná horninová drť a tektonický jíł, max. X - 10,7 pA/kg.
35.	M-33-104-B	072 Vlčatín	1990 HGP 1:5 000	Anomálie X mozaikovitého tvaru s max. 22,5 pA/kg při norm. poli 6,0 pA/kg na ploše 40 x 30 m. X vykazuje nevýraznou anomálii v hloubce 1,2 - 2,2 m.	Ověřena rýhami M-996 a M-997	Anomálie je vázaná na dislokaci směru 260/90 ° o mocnosti až 3 m. Výplň dislokace tvoří tektonicky porušené hematizované durbachity, max. X - 10,7 pA/kg.
36.	M-33-104-B	073 Hodov	1990 HGP 1:5 000	Anomálie X mozaikovitého tvaru s max. více než 91,0 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg na ploše 30x30 m. X s hloubkou ostře vzrůstá, anomální poloha se nachází v hloubce 0 - 2,2 m. Podle GS K = 5,5 %, U = 0, Th = 497 ppm.	Ověřena rýhami M-990, M-992, M-994 a mělkými šachticemi Š-347 a Š-348	Anomálie je vázaná na dislokaci směru 280/70 ° J o mocnosti 20 cm. Výplň tvoří limonitizovaná drť, tektonický jíł, místy jsou přítomny načervenalé živce. X - 28,7 - 44,4 pA/kg.
37.	M-33-104-B	074 Hodov	1990 HGP 1:5 000	Anomálie X protaženého tvaru s max. 22,5 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg směru 130 ° na ploše 40x15 m. X s hloubkou ostře vzrůstá, anomální hodnoty se nacházejí v hloubce 2 - 3,4 m při dně sond.	Anomálie nebyla ověřena	
38.	M-33-104-B	075 Hodov	1990 HGP 1:5 000	Anomálie X je tvořena skupinou izolovaných bodů s max. 72,8 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg na ploše 80x20 m. X s hloubkou vykazuje výrazné zvýšení při rostoucí hodnotě pole X, anomální hodnoty jsou registrovány v hloubce 0,4 - 1,5 m.	Ověřena rýhami M-991 a M-993	Anomálie je vázaná na dislokaci 20 cm mocnou tvořenou horninovou drť s jílovitými švy. Směr dislokace 280/80 ° J, Maximum X - 28,7 pA/kg.

Úkol: Třebíčský masív - Budišov
 č. úkolu: 22 93 4004 1 2 250 3710 3

 Katalog radiometrických anomálií
 str. 6

Poř. č.	Mapa 1:50 000	Číslo a název anomálie	Nalezena: rok, metoda měřítka	Geofyzikální charakteristika	Druh ověř. prací s jejich symboly	Geologická charakteristika anomálie
39.	H-33-104-B	076 Hodov	1990 HGP 1:5 000	Anomálie X mozaikovitěho tvaru s max. 40,2 pA/kg při norm. poli 4,0 pA/kg na ploše 60x25 m. X s hloubkou vykazuje výrazné lokální zvýšení při rostoucí hodnotě pole X. Anomální X se nachází v hl. 1 - 2,6 m. Podle GS K = 3,8 %, U = 59 ppa, Th = 158 ppa, Th/U = 2,7.	Anomálie nebyla ověřena	
40.	H-33-105-A	009 Nihoukovice	1954 povrchový gama průzk. 1:50 000	Anomálie X s max. 5,0 pA/kg při norm. poli 0,9 pA/kg. Další údaje nelze zjistit, protože se nedochovala dokumentace.	Anomálie nebyla ověřena	
41.	H-33-105-A	010 Studnice	1954 povrchový gama průzk. 1:50 000 1976 KORA	V roce 1954 anomálie X s max. 5,0 pA/kg při norm. poli 2,3 pA/kg. Další údaje nejsou známy, protože se dokumentace nedochovala. Při KORA zjištěna anomálie koncentrace emanace mozaikovitěho tvaru s maximem 814 Bq/l při norm. poli 40 Bq/l na ploše 50x60 m. Anomálie je komplexního typu (20-60 % Rn), koncentrace emanace s hloubkou roste. Maximum X 6,5 pA/kg při norm. poli 2,4 pA/kg bylo zjištěno pouze na 2 bodech a není anomální. X se hloubkou nemění.	V r. 1954 nebyla ověřena Při KORA ověřena rýhami R-1, R-2 a R-3	Anomálie litologického charakteru vázaná na písčité rozpadavé durbachity.
42.	H-33-105-A	012 Nihoukovice	1954 povrchový gama průzk. 1:50 000 1976 KORA	V roce 1954 anomálie X s max. 12,2 pA/kg. Další údaje nejsou známy, protože se nedochovala dokumentace. Při KORA zjištěna anomálie koncentrace emanace s max. 444 Bq/l při norm. poli 100 Bq/l. Anomálie je tvořena několika izolovanými body na ploše 40x20 m, je komplexního typu (25-75 % Rn), koncentrace emanace se s hloubkou nemění. Max. X 14,3 pA/kg při norm. poli 6 pA/kg není anomální. X s hloubkou zvolna roste.	Ověřena rýhami R-1 a R-1a	Anomálie litologického charakteru vázaná na písčité rozpadavé durbachity s polohou šedého jílu.
43.	H-33-105-A	128 Vaneč	1987 gama-karotáž napovacích vrtnů	Anomálie X s max. 16,4 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg. Jediný anomální bod je na krajním profilu - detailizace nebyla dokončena. Anomální hodnota je na dně sondy v hloubce 4 - 4,4 m.	Ověřena rýhami T-505	Anomálie je vázaná na středně alterované durbachity (hematitizace, chloritizace) s tektonickou drtí a jílem s tektonickými švy 330/75° JZ, max. X = 5,0 pA/kg.
44.	H-33-105-A	179 Pyšel	1987 HGP 1:5 000	Anomálie X bodového tvaru s max. 17,7 pA/kg při norm. poli 5,5 pA/kg. Anomálie se nachází na dně sondy v hloubce 3 m. X s hloubkou zvolna vzrůstá.	Anomálie nebyla ověřena	
45.	H-33-105-A	183 Budišov	1987 HGP 1:5 000	Anomálie X mozaikovitěho tvaru s max. 19,4 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg na ploše 300x70 m. Vývoj pole X s hloubkou je velmi různý - X s hloubkou zvolna nebo ostře vzrůstá nebo klesá, nebo X tvoří výrazné nebo málo výrazné anomálie v různé hloubce - od povrchu do 2,2 m. Podle GS K = 3,4 %, U = 55 ppa, Th = 35 ppa, Th/U = 0,6.	Ověřena rýhami T-1011, T-1012 a T-1013	Anomálie má litologický charakter.
46.	H-33-105-A	186 Budišov	1987 radiometrická revize lomu	Anomálie X 18,0 pA/kg při norm. poli 2,0 pA/kg byla zjištěna ve stěně opuštěného lomu v délce cca 5 m v hloubce 1 m. Podle GS K = 4,8 %, U = 189 ppa, Th = 47 ppa, Th/U = 0,2.	Ověřena odkopy 0-1 až 0-4 a vrtem Bu-7 GP	Anomálie je vázaná na alterované (hematitizované) aplity tektonicky drčené směru 55/20° SZ, max. X = 11,5 pA/kg. Hloubkový vývoj anomálie nebyl vrtem potvrzen.
47.	H-33-105-A	187 Budišov	1988 eman. a gama pr. do 2 m 1:5 000	Anomálie X protaženého tvaru směru 180° s max. více než 96,0 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg na ploše 45x10 m. X s hl. ostře klesá, max. hodnoty jsou v hloubce 0,3 m. Anomálie nebyla doměřena - leží na břehu rybníka. Anomálie koncentrace emanace je mozaikovitěho tvaru s max. 740 Bq/l při norm. poli 5 Bq/l na ploše více než 50x80 m - detailizace nebyla dokončena do normálního pole. Anom. je komplexního typu (30-60 % Rn). Podle GS U = 11,3 ppa, Th = 48,5 ppa, Th/U = 4,3	Anomálie nebyla ověřena	

Úkol: Třebíčský masív - Budišov
 č. úkolu: 22 93 4004 1 2 250 3710 3

 Katalog radiometrických anomálií
 str. 10

Poř. č.	Nápa 1:50 000	Číslo a název anomálie	Nalezena: rok, metoda měřítka	Geofyzikální charakteristika	Druh ověř. prací s jejich symboly	Geologická charakteristika anomálie
78.	M-33-105-A	241 Budišov	1988 HGP po lesních cestách	Anomálie X tvoří dva izolované body 20,8 a 60,0 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg, vzdálené 40 m. Anomálie koncentrace emanace nepravidelného tvaru komplexního typu s maximem 370 Bq/l při norm. poli 15 Bq/l na ploše 85x55 m. X s hloubkou vykazuje lokální výrazné zvýšení v hloubce 0,6 a 1,4 m.	Ověřena rýhou R-905 a vrtem Bu-6	Anomálie je vázáná na dislokaci 40 m mocnou směru 300/85° JZ ohraničenou hematizovanými jílovitými švy 10cm mocnosti, max. zvýšení X - 19,0 pA/kg. Vrtem byla anomálie potvrzena v intervalu 226,5 - 233,2 m. Zvýšení X 23,0 - 45,3 pA/kg je vázáno na slabě hematizované durbachtily s tektonickými oblazy.
79.	M-33-105-A	260 Rohy	1988 alfa karty 1:10 000	Anomálie koncentrace emanace mozaikovitěho tvaru komplexního typu (70 % Rn) s max. 740 Bq/l při norm. poli 5 Bq/l na ploše větší nežli 170x70 m. Koncentrace emanace s hloubkou ostře vzrůstá. Max. X 7,3 pA/kg při norm. poli 6 pA/kg není anomální. Podle GS U = 26,2 ppa, Th = 50,7 ppa, Th/U = 1,9.	Anomálie nebyla ověřena	
80.	M-33-105-A	261 Budišov	1988 radionetrické proměřování rýhy	Anomálie X v kutací rýze 86,0 pA/kg při norm. poli 6,0 pA/kg. Šířka aktivní zóny je asi 1 m, detailizace se neprováděla. Podle GS U = 137 ppa, Th = 708 ppa, Th/U = 5,2.	Ověřována rýhami R-741b, c, R-750, R-757, R-758 a mělkými šachticemi 5-320 až 5-323	Anomálie je vázána na paralelní dilokace směru 300-310/70-80° JZ tvořené horninovou drtí durbachtily tvořené hematizovaným jílem. Max. zjištěná mocnost dilokace činí až 2 m, max. zvýšení X - 86,0 pA/kg bylo zjištěno v rýze R-741c 50 m sz. od středu anomálie.
81.	M-33-105-A	263 Osové	1988 gama kartáč napov. sondy	Anomálie X v napovací sondě v hloubce 2,1 m ve dně sondy. Max. hodnota X 20,9 pA/kg při norm. poli 6,5 pA/kg. Podle GS K = 4,7 %, U = 4,2 - 22 ppa, Th = 155 - 58,9 ppa, Th/U = 36,9 - 2,7.	Anomálie nebyla dále ověřována	
82.	M-33-105-A	267 Rohy	1989 alfa karty 1:10 000	Anomálie koncentrace emanace - skupina izolovaných bodů s max. 296 Bq/l při norm. poli 70 Bq/l na ploše 40x10 m. Emanace obsahuje 75 % Rn. Maximální X 6,4 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg není anomální. Podle GS K = 5,2 %, U = 15 ppa, Th = 40 ppa, Th/U = 2,7.	Anomálie nebyla ověřena	
83.	M-33-105-A	268 Rohy	1989 alfa karty 1:10 000	Bodová anomálie koncentrace emanace 473 Bq/l na vysokém norm. poli 180 Bq/l. Emanace obsahuje 50-60 % Rn. Maximální X 6,9 pA/kg při norm. poli 5,5 pA/kg není anomální. Podle GS K = 4,5 %, U = 26 ppa, Th = 45 ppa, Th/U = 1,7.	Anomálie nebyla ověřena	
84.	M-33-105-A	269 Rohy	1989 alfa karty 1:10 000	Anomálie koncentrace emanace mozaikovitěho tvaru s max. 203 Bq/l při norm. poli 20 Bq/l na ploše větší nežli 60x45 m. Maximální X 6,4 pA/kg při norm. poli 4,5 pA/kg není anomální. Podle GS K = 5,5 %, U = 24 ppa, Th = 50 ppa, Th/U = 2,1.	Anomálie nebyla ověřena	
85.	M-33-105-A	270 Rohy	1989 alfa karty 1:10 000	Anomálie koncentrace emanace mozaikovitěho tvaru s max. 222 Bq/l při norm. poli 20 Bq/l na ploše 100x35 m komplexního typu. Maximální X 6,9 pA/kg při norm. poli 4,0 pA/kg není anomální. Podle GS K = 4,5 %, U = 23 ppa, Th = 45 ppa, Th/U = 2,0.	Anomálie nebyla ověřena	
86.	M-33-105-A	271 Osové	1989 alfa karty 1:10 000	Anomálie koncentrace emanace tvoří skupina izolovaných bodů s max. 485 Bq/l při norm. poli 30 Bq/l na ploše 55x30 m. Typ anomálie je komplexní. Maximální X 7,8 pA/kg při norm. poli 4,5 pA/kg není anomální.	Anomálie nebyla ověřena	
87.	M-33-105-A	272 Osové	1989 HGP po lesních cestách	Anomálie X tvoří 3 izolované body s max. 16,6 pA/kg při norm. poli 3,5 pA/kg na ploše 40x5 m. Anomálie koncentrace emanace je mozaikovitěho tvaru s maximem 111 Bq/l při norm. poli 20 Bq/l na ploše 70x10 m.	Ověřena rýhou R-810	Anomálie litologického charakteru spojená s nahlučením biotitu v durbachtily, max. X - 7,2 pA/kg.

Úkol: Třebíčský masív - Budišov
 č. úkolu: 22 93 4004 1 2 250 3710 3

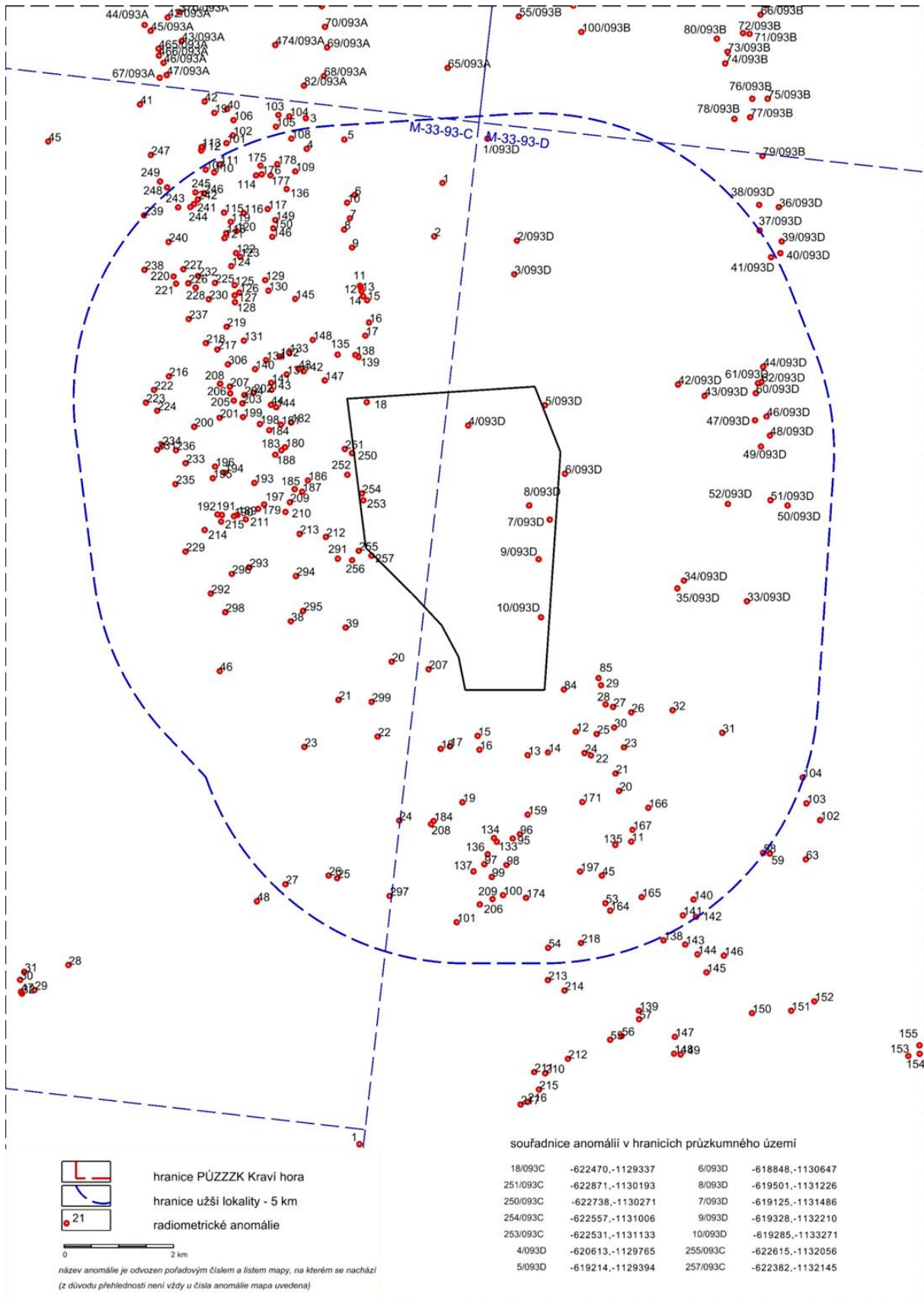
 Katalog radiometrických anomálií
 str. 12

Poř. č.	Mapa 1:50 000	Číslo a název anomálie	Malezna: rok, metoda měřítka	Geofyzikální charakteristika	Druh ověř. prací s jejich symboly	Geologická charakteristika anomálie
100.	M-33-105-A	285 Rohy	1989 alfa karty 1:10 000	Anomálie koncentrace emanace mozaikovitěho tvaru s max. 185 Bq/l při norm. poli 20 Bq/l na ploše 40x25 m. Koncentrace emanace s hloubkou ostře vzrůstá. Max. \bar{X} 7,5 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg není anomální.	Anomálie nebyla ověřena	
101.	M-33-105-A	286 Rohy	1989 alfa karty 1:10 000	Anomálie koncentrace emanace s maximem 148 Bq/l při norm. poli 10 Bq/l je mozaikovitěho tvaru na ploše 30x40 m. Max. \bar{X} 7,0 pA/kg při norm. poli 3,0 pA/kg není anomální.	Anomálie nebyla ověřena	
102.	M-33-105-A	287 Rohy	1989 alfa karty 1:10 000	Anomálie koncentrace emanace mozaikovitěho tvaru s max. 259 Bq/l při norm. poli 15 Bq/l na ploše min. 90x50 m. Maximum \bar{X} 7,0 při norm. poli 5,0 pA/kg není anomální.	Ověřena rýhou R-818	Anomálie litologického charakteru spojená s vyšším obsahem biotitu v durbachitech.
103.	M-33-105-A	288 Rohy	1989 alfa karty 1:10 000	Anomálie koncentrace emanace mozaikovitěho tvaru s max. 448 Bq/l při norm. poli 20 Bq/l na ploše min. 110x50 m radodového typu. Max. \bar{X} 9,0 pA/kg při norm. poli 5,5 pA/kg není anomální.	Anomálie nebyla ověřena	
104.	M-33-105-A	289 Rohy	1989 alfa karty 1:10 000	Anomálie koncentrace emanace mozaikovitěho tvaru s max. 259 Bq/l při norm. poli 10 Bq/l na ploše minimálně 50x50 m. \bar{X} není zvýšené, norm. pole je 5,0 pA/kg.	Ověřena rýhami R-813 a R-814	Anomálie je litologického charakteru podmíněná zvýšeným obsahem biotitu v durbachitech, max. \bar{X} - 7,5 pA/kg.
105.	M-33-105-A	290 Osové	1989 alfa karty 1:10 000	Anomálie koncentrace emanace mozaikovitěho tvaru s max. 592 Bq/l při norm. poli 80 Bq/l na ploše min. 90x50 m. Obsah Rn v emanaci je 50-70 %. Maximální \bar{X} 12,0 pA/kg při norm. poli 6,0 pA/kg není anomální.	Ověřena rýhou R-816	Anomálie litologického charakteru vázaná na zvýšený obsah biotitu v durbachitech, max. zvýšení \bar{X} - 9,3 pA/kg.
106.	M-33-105-A	291 Rohy	1989 alfa karty 1:10 000	Anomálie koncentrace emanace mozaikovitěho tvaru s max. 296 Bq/l při norm. poli 35 Bq/l na ploše min. 100x50 m. Max. \bar{X} 9,7 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg není anomální. \bar{X} s hloubkou sítě vzrůstá.	Anomálie nebyla ověřena	
107.	M-33-105-A	292 Osové	1989 alfa karty 1:10 000	Anomálie koncentrace emanace mozaikovitěho tvaru s max. 370 Bq/l při norm. poli 15 Bq/l na ploše min. 100x50 m. Max. \bar{X} 8,8 pA/kg při norm. poli 6,0 pA/kg není anomální.	Anomálie nebyla ověřena	
108.	M-33-105-A	296 Oslavice	1989 alfa karty 1:10 000	Bodová anomálie \bar{X} 21,4 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg. Mozaikovitá anomálie koncentrace emanace s max. 333 Bq/l při norm. poli 20 Bq/l s 50 % Rn v emanaci na ploše 130x100 m. Podle GS K = 4,5 %, U = 25 ppm, Th = 102 ppm, Th/U = 4,0.	Ověřena rýhou R-852	Anomálie je litologického charakteru vázaná na zvýšený obsah biotitu v durbachitech, max. zvýšení \bar{X} - 5,7 pA/kg.
109.	M-33-105-A	297 Oslavice	1989 EGP po lesních cestách	Bodová anomálie \bar{X} s max. 15,7 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg. Mozaikovitá anomálie koncentrace emanace s max. 925 Bq/l při norm. poli 20 Bq/l na ploše minimálně 70x60 m s 50 % Rn v emanaci. Podle GS K = 4,1 %, U = 39 ppm, Th = 48 ppm, Th/U = 1,2.	Ověřena rýhou R-817	Anomálie je vázaná na 2 cm mocnou polohu alterovaných durbachitů s žilkou křemeně směru 340/90°, maximum \bar{X} - 10,7 pA/kg.
110.	M-33-105-A	298 Oslavice	1989 alfa karty 1:10 000	Anomálie koncentrace emanace mozaikovitěho tvaru s max. 290 Bq/l při norm. poli 20 Bq/l se 45 % Rn v emanaci. Max. \bar{X} 9,7 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg není anomální. Podle GS K = 5,2 %, U = 25 ppm, Th = 117 ppm, Th/U = 4,7.	Anomálie nebyla ověřena	
111.	M-33-105-A	299 Osové	1989 EGP po lesních cestách	Bodová anomálie \bar{X} 13,6 pA/kg při norm. poli 4,0 pA/kg. \bar{X} s hloubkou zvolna vzrůstá. Mozaikovitá anomálie koncentrace emanace s max. 680 Bq/l při norm. poli 25 Bq/l se 75 % Rn v emanaci na ploše min. 100x80 m. Podle GS K = 1,0 %, U = 39 ppm, Th = 33 ppm, Th/U = 0,8.	Ověřena rýhou R-815	Anomálie je vázaná na alterované durbachity s pegmatitovou žilkou 20 cm mocnou, směr žíly je 0/90°, max. \bar{X} - 8,2 pA/kg.

Úkol: Třebíčský masív - Budišov
 č. úkolu: 22 93 4004 1 2 250 3710 3

 Katalog radiometrických anomálií
 str. 13

Poř. č.	Mapa 1:50 000	Číslo a název anomálie	Nalezena: rok, metoda měřítka	Geofyzikální charakteristika	Druh ověř. prací s jejich symboly	Geologická charakteristika anomálie
112.	M-33-105-A	300 Osové	1989 HGP po lesních cestách	Anomálie koncentrace emanace mozaikovitěho tvaru s max. 259 Bq/l při norm. poli 10 Bq/l s 40 % Rn v emanaci. Max. \dot{X} 11,4 pA/kg při norm. poli 5,5 pA/kg není anomální. \dot{X} s hloubkou zvolna vzrůstá. Podle GS K = 3,8 %, U = 50 ppa, Th = 41 ppa, Th/U = 0,8.	Ověřena rýhou R-812	Anomálie je spojená s jilovitopísčítým limonitizovaným švem směru 80/60 ° JV, 20 cm mocným, maximální zvýšení \dot{X} - 8,6 pA/kg
113.	M-33-105-A	301 Osové	1989 HGP po lesních cestách	Bodová anomálie \dot{X} 17,0 pA/kg při norm. poli 5,5 pA/kg. \dot{X} s hloubkou ostře vzrůstá. Anomálie koncentrace emanace mozaikovitěho tvaru s max. 370 Bq/l při norm. poli 30 Bq/l s 30-40 % Rn v emanaci na ploše 100x60m.	Anomálie nebyla ověřena	
114.	M-33-105-A	302 Budišov	1989 eman. a gama pr. do 2 m 1:5 000	Anomálie je po detailizaci tvořena 2 body zvýšeného \dot{X} 8,4 a 9,3 pA/kg při norm. poli 4,0 pA/kg, vzdálenými 5 m. Podle GS K = 5,9 %, U = 32 ppa, Th = 54 ppa, Th/U = 1,7.	Anomálie nebyla ověřena	
115.	M-33-105-A	307 Budišov	1989 HGP 1:5 000	Anomálie \dot{X} protaženého tvaru směru 140 ° s max. 19,3 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg na ploše 65x5 m. Podle GS K = 3,9 %, U = 67 ppa, Th = 40 ppa, Th/U = 0,6.	Ověřena rýhami R-837 až R-839, mělkými šachticemi Š-349 a vrtem Bu-21	Anomálie je vázaná na dislokaci směru 270-300/85 ° J í m mocnou, tvořenou alterovanými durbachity (hematitizace, chloritizace) a tektonickým jilem, max. \dot{X} v PPH (1000 pA/kg), ve vrtnu 13,6 pA/kg v hloubce 50,6 m.
116.	M-33-105-A	308 Osové	1989 HGP 1:5 000	Anomálie \dot{X} mozaikovitěho tvaru s max. 21,8 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg na ploše 40x25 m. Podle GS K = 5,4 %, U = 25 ppa, Th = 200 ppa, Th/U = 8,0.	Anomálie nebyla ověřena	
117.	M-33-105-A	318 Hodov	1990 HGP 1:5 000	Anomálie \dot{X} mozaikovitěho tvaru s max. 66,0 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg směru 110 ° na ploše 140x60 m. \dot{X} s hloubkou ostře vzrůstá nebo je konstantní. Podle GS K = 1,8; 2,5 %, U = 0; 38 ppa, Th = 652; 362 ppa, Th/U = -; 9,4.	Ověřena rýhami M-889 až M-896	Anomálie je vázaná na dislokaci směru 300/90 ° 160 cm mocnou, vyplněnou limonitizovanou tektonickou drtí, max. \dot{X} - 35,8 pA/kg.
118.	M-33-105-A	319 Hodov	1990 HGP 1:5 000	Anomálie \dot{X} protaženého tvaru směru 110 ° s max. 93,0 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg na ploše 65x3 m. \dot{X} do hloubky ostře vzrůstá nebo je konstantní. Podle GS K = 2,5 %, U = 18 ppa, Th = 427 ppa, Th/U = 23,7.	Ověřena rýhou M-926	Anomálie je vázaná na dislokaci směru 285/85 ° J o mocnosti 15 cm. Dislokace je vyplněna písčítým tektonickým jilem. V okolí dislokace je výrazná alterace (hematitizace) durbachitů, max. \dot{X} - 59,3 pA/kg.
119.	M-33-105-A	320 Hodov	1990 HGP 1:5 000	Anomálie \dot{X} mozaikovitěho tvaru protažená ve směru 120 ° s max. 85,0 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg na ploše 270x40 m. \dot{X} s hloubkou ostře vzrůstá, max. \dot{X} se nachází v hloubce 1,5 - 2,6 m. Podle GS K = 2,1 %, U = 93 ppa, Th = 594 ppa, Th/U = 6,4.	Ověřena rýhami M-897 až M-899, M-925, M-927 až M-929 a mělkými šachticemi Š-336 a Š-337	Anomálie je vázaná na dislokaci směru 320/85 ° J o mocnosti 100 cm. Výplň dislokace tvoří limonitizované durbachity se švy písčitého tektonického jilu, max. \dot{X} - 72,0 pA/kg.
120.	M-3-105-A	321 Hodov	1990 HGP 1:5 000	Anomálie \dot{X} mozaikovitěho tvaru s max. 93,1 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg, protažená ve směru 110 ° na ploše 130x10 m. \dot{X} s hloubkou ostře vzrůstá.	Ověřena rýhami M-930 až M-934, M-938 a mělkými šachticemi Š-337 a Š-339	Anomálie je vázaná na siterované durbachity s tektonickými švy směru 300/75 ° k JZ, max. \dot{X} - 100,0 pA/kg.
121.	M-33-105-A	322 Hodov	1990 HGP 1:5 000	Bodová anomálie \dot{X} 33,4 pA/kg při norm. poli 5,0 pA/kg v hloubce 2,5 - 3,5 m. \dot{X} s hloubkou ostře vzrůstá. Podle GS K = 2,5 %, U = 56 ppa, Th = 140 ppa, Th/U = 2,5.	Ověřena rýhami R-963 a R-964	Anomálie je vázaná na dislokaci směru 270/60 ° S o mocnosti 80 cm. Ve výplni dislokace převládá limonitizovaná horninová drť, max. \dot{X} - 14,3 pA/kg

Příloha 2


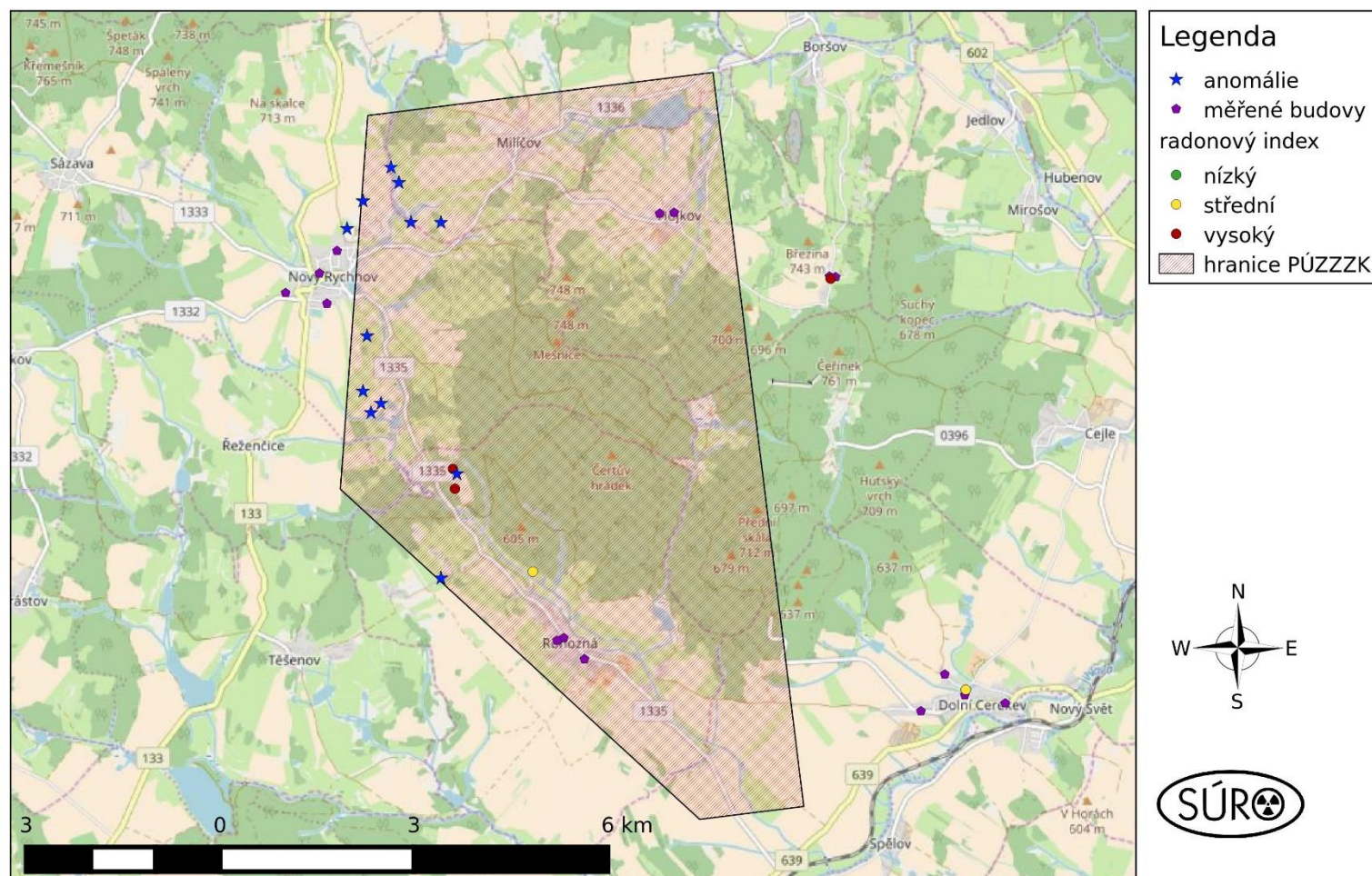
Úkol: Rožná		Příloha č. - Katalog radiometrických anomálií				
č. úkolu:		str. 19				
Kat. číslo	Mapa 1 :50 000	Číslo a název anomálie	Rok nálezu, metoda, měřtko	Geofyzikální charakteristika	Druh ověř. prací	Geologická charakteristika anomálie
192	M-33-93-C	018 Bukov	Emanační průzkum do 1 m 1 : 5 000 1956	Anomálie koncentrace emanace komplexního až Rn typu mozaikovitého tvaru směru 160° s maximem 2 840 Bq/l při normálním poli 45 Bq/l na ploše 650 x 200 m. Koncentrace emanace s hloubkou zvolna vzrůstá. Maximální X na anomálii 19,4 pA/kg, X s hloubkou vzrůstá.	Kutací rýhy: B1-B20, B34-B44 Vrty: R-1 až R-4, R-6, R-7, R-51, R-98 R-182 Dělní díla:	U-ložisko – smolínek, U-čern, U-slídy. Zóny R ₁ , R ₁₇ , R ₄ .
193	M-33-93-C	019 Zvole	Radiometrická revize výkopu 1987	Anomálie X s maximem 5,0 pA/kg při normálním poli 0,9 pA/kg X v rýze pro výkop vodovodu. Hloubka rýhy 1,5 m, anomálie nebyla detailizována.	Anomálie nebyla ověřena technickými pracemi	
194	M-33-93-C	020 Moravské Janovice	Emanační průzkum do 1 m 1 : 5 000 1957	Anomálie koncentrace emanace Rn typu s maximem 205 Bq/l. Maximální X na anomálii 2,5 pA/kg. Anomálie z roku 1957, další údaje nejsou známy.	Anomálie nebyla ověřena technickými pracemi	
195	M-33-93-C	021 Meziboří	Emanační průzkum do 1 m 1 : 5 000 1957	Anomálie koncentrace emanace komplexního typu protaženého tvaru směru 180° s maximem 335 Bq/l při normálním poli 45 Bq/l na ploše 30 x 10 m. Koncentrace emanace s hloubkou zvolna vzrůstá. Maximální X na anomálii 1,1 pA/kg, X s hloubkou zvolna vzrůstá.	Anomálie nebyla ověřena technickými pracemi	
196	M-33-93-C	022 Vratislávka	Emanační průzkum do 1 m 1 : 5 000 1957	Anomálie koncentrace emanace Rn typu izometrického tvaru s maximem 315 Bq/l při normálním poli 55 Bq/l na ploše 45 x 30 m. Koncentrace emanace s hloubkou zvolna vzrůstá. Maximální X na anomálii 1,4 pA/kg, X s hloubkou zvolna vzrůstá.	Anomálie nebyla ověřena technickými pracemi	
197	M-33-93-C	023 Radňoves	Emanační průzkum do 1 m 1 : 5 000 1957	Anomálie koncentrace emanace Rn typu izometrického tvaru s maximem 220 Bq/l při normálním poli 55 Bq/l na ploše 45 x 30 m. Koncentrace emanace s hloubkou zvolna vzrůstá. Maximální X na anomálii 1,8 pA/kg, X s hloubkou zvolna vzrůstá.	Anomálie nebyla ověřena technickými pracemi	
198	M-33-93-C	024 Vratislávka	Emanační průzkum do 1 m 1 : 5 000 1957	Anomálie koncentrace emanace Tn typu s maximem 220 Bq/l. Anomálie z roku 1957, další údaje nejsou známy.	Anomálie nebyla ověřena technickými pracemi	
199	M-33-93-C	025 Vidonín	Emanační průzkum do 1 m 1 : 5 000 1957	Anomálie koncentrace emanace Rn typu mozaikovitého tvaru s maximem 1 420 Bq/l při normálním poli 60 Bq/l na ploše 100 x 90 m. Koncentrace emanace s hloubkou zvolna vzrůstá. Maximální X na anomálii 21,5 pA/kg, X s hloubkou ostře vzrůstá.	Kutací rýha: R-1	Litologická anomálie – pegmatit, v kutací rýze maximální X 10,0 pA/kg, žíla pegmatitu směru 15°/75° Z o mocnosti 150 cm. Boční horniny: biotitické ruly, aplity.
200	M-33-93-C	026 Vidonín	Emanační průzkum do 1 m 1 : 5 000 1957	Anomálie koncentrace emanace Rn typu mozaikovitého tvaru s maximem 1 245 Bq/l při normálním poli 75 Bq/l na ploše 130 x 50 m. Koncentrace emanace s hloubkou zvolna vzrůstá. Maximální X na anomálii 1,8 pA/kg, X s hloubkou zvolna vzrůstá.	Kutací rýha: R-2	Litologická anomálie – pegmatit s jilem a limonitem směru 20°/85° Z o mocnosti 15 cm. Okolní horniny biotitické ruly.
201	M-33-93-C	027 Vidonín	Emanační průzkum do 1 m 1 : 5 000 1957 KORA 1976	Anomálie koncentrace emanace Rn typu protaženého tvaru směru 180° s maximem 390 Bq/l při normálním poli 90 Bq/l na ploše 90 x 25 m. Koncentrace emanace s hloubkou zvolna vzrůstá. Maximální X na anomálii 1,4 pA/kg. Anomálie koncentrace emanace Rn až komplexního typu mozaikovitého tvaru s maximem 260 Bq/l při normálním poli 20 Bq/l na ploše 90 x 65 m. Koncentrace emanace s hloubkou zvolna vzrůstá. Maximální X 3,7 pA/kg při normálním poli 2,2 pA/kg není anomální. X se s hloubkou nemění.	Anomálie nebyla ověřena technickými pracemi Anomálie nebyla při KORA ověřována	
202	M-33-93-C	028 Skřínářov	Emanační průzkum do 1 m 1 : 5 000 1958	Bodová anomálie koncentrace emanace Rn typu 215 Bq/l při normálním poli 60 Bq/l. Koncentrace emanace s hloubkou ostře vzrůstá. Maximální X na anomálii 1,4 pA/kg, X s hloubkou ostře vzrůstá.	Anomálie nebyla ověřena technickými pracemi	

Úkol: Rožná		Příloha č. - Katalog radiometrických anomálií				
č. úkolu:		str. 37				
Kat. číslo	Mapa 1 :50 000	Číslo a název anomálie	Rok nálezů, metoda, měřičko	Geofyzikální charakteristika	Druh ověř. prací	Geologická charakteristika anomálie
415	M-33-93-C	249 Zvole	Gama průzkum do 2 m 1 : 5 000 1971	Bodová anomálie X 6,5 pA/kg při normálním poli 1,4 pA/kg. X s hloubkou zvolna vzrůstá.	Anomálie nebyla ověřena technickými pracemi	
416	M-33-93-C	250 Bukov	Gama průzkum do 2 m 1 : 5 000 1971	Anomálie X protaženého tvaru směru 170° s maximem 21,5 pA/kg při normálním poli 1,8 pA/kg na ploše 40 x 7 m. X s hloubkou kolísá při vzrůstajícím poli X.	Kutací rýha: R-1/250	Dislokace směru 45°/80° V o mocnosti 5 cm. Výplň: horninová drt, jílu, limonit. Boční horniny: biotitické ruly. Maximální X v kutací rýze 3,7 pA/kg.
417	M-33-93-C	251 Bukov	Gama průzkum do 2 m 1 : 5 000 1971	Anomálie X mozaikovitého tvaru směru 20° s maximem 11,1 pA/kg při normálním poli 1,8 pA/kg na ploše 90 x 25 m. X s hloubkou ostře vzrůstá.	Kutací rýhy: R-1/251, R-2/251	Biotitické ruly s vyšším obsahem biotitu, nahlučeného do proužků. Maximální X v kutacích rýhách 3,9 pA/kg.
418	M-33-93-C	252 Mítrov	Gama průzkum do 2 m 1 : 5 000 1971	Anomálie X protaženého tvaru směru 175° s maximem 6,7 pA/kg při normálním poli 1,8 pA/kg na ploše 50 x 10 m. X s hloubkou zvolna vzrůstá.	Anomálie nebyla ověřena technickými pracemi	
419	M-33-93-C	253 Habří	Gama průzkum do 2 m 1 : 5 000 1971	Anomálie koncentrace emanace komplexního typu mozaikovitého tvaru s maximem 150 Bq/l při normálním poli 15 Bq/l na ploše 105 x 45 m. Koncentrace emanace se s hloubkou nemění. Anomálie X mozaikovitého tvaru směru 140° s maximem 12,5 pA/kg při normálním poli 1,8 pA/kg na ploše 150 x 60 m. X s hloubkou ostře vzrůstá.	Kutací rýhy: R-1/253, R-2/253	Dislokace směru 155°/45° Z o mocnosti 10 cm. Výplň: tektonická brekcie, jílu, limonit, hematit. Boční horniny: biotitické ruly, lamprofyry. Maximální X v kutací rýze 3,7 pA/kg.
420	M-33-93-C	254 Habří	Gama průzkum do 2 m 1 : 5 000 1971	Anomálie X s maximem 8,2 pA/kg při normálním poli 1,6 pA/kg je tvořena izolovanými body na ploše 70 x 25 m. X s hloubkou ostře vzrůstá.	Anomálie nebyla ověřena technickými pracemi	
421	M-33-93-C	255 Habří	Emanační a gama průzkum do 2 m 1 : 5 000 1971	Anomálie koncentrace emanace Rn typu protaženého tvaru směru 130° s maximem 12 000 Bq/l při normálním poli 30 Bq/l na ploše 300 x 85 m. Koncentrace emanace s hloubkou ostře vzrůstá. Anomálie X protaženého tvaru směru 130° s maximem více než 170 pA/kg při normálním poli 1,3 pA/kg na ploše 280 x 80 m. X s hloubkou ostře vzrůstá.	Kutací rýhy: 1 – 5 Mělké šachtice: Š-1 až Š-3 Vrty: Zv-1-GP až Zv-4-GP	Rudní výskyt – makroskopicky U-slidy. Dislokace směru 125°/60° J o mocnosti 30 cm a 150°/75° Z o mocnosti 10 cm. Výplň: tektonická brekcie, jílu, limonit, hematit. Ve vrtech anomálie X 31,6 pA/kg (0,049 % U) a 36,9 pA/kg (0,94 % U) a další anomálie 9,5 pA/kg, 10,4 pA/kg a 15,8 pA/kg v hloubce 26,7 – 34,7 m.
422	M-33-93-C	256 Habří	Emanační a gama průzkum do 2 m 1 : 5 000 1971	Anomálie koncentrace emanace Tn typu protaženého tvaru směru 20° s maximem 445 Bq/l při normálním poli 20 Bq/l na ploše 70 x 7 m. Koncentrace emanace s hloubkou ostře vzrůstá. Anomálie X protaženého tvaru směru 20° s maximem 11,1 pA/kg při normálním poli 1,1 pA/kg na ploše 70 x 7 m. X s hloubkou ostře vzrůstá.	Kutací rýha: R-6/256 Vrt: Zv-132	Litologická anomálie – maximální X 3,7 pA/kg na granitizované rule. Ve vrtu v hloubce 48 anomálie X 5,0 pA/kg v granitizované rule v amfibolitech.
423	M-33-93-C	257 Habří	Emanační a gama průzkum do 2 m 1 : 5 000 1971	Anomálie koncentrace emanace Tn typu mozaikovitého tvaru směru 125° s maximem 890 Bq/l při normálním poli 30 Bq/l na ploše 55 x 40 m. Koncentrace emanace s hloubkou ostře vzrůstá. Anomálie X mozaikovitého tvaru směru 125° s maximem 9,7 pA/kg při normálním poli 0,9 pA/kg na ploše 55 x 40 m. X s hloubkou ostře vzrůstá.	Kutací rýhy: R-7, R-8	Litologická anomálie – v kutacích rýhách maximum 3,9 pA/kg v granitizovaných rulách.
424	M-33-93-C	258 Blažkov	Gama karotáž vrtu 1973	Anomálie X ve vrtu 12,4 pA/kg při normálním poli 1,2 pA/kg v hloubce 32,0 m.	Vrt: Zv-65	Pukliny s chloritem.
425	M-33-93-C	259 Blažkov	Gama karotáž vrtu 1973	Anomálie X ve vrtu 8,2 pA/kg při normálním poli 1,3 pA/kg v hloubce 36,0 m.	Vrt: Zv-69	Litologická anomálie – granitizované ruly. V okolí aplit, pegmatit.
426	M-33-93-C	260 Dolní Rozsátka	Gama karotáž vrtu 1973	Anomálie X ve vrtu 8,1 pA/kg při normálním poli 1,1 pA/kg v hloubce 246,6 m.	Vrt: Zv-73	Slabě porušené lepidoblastické ruly biotitické s drobnými žilkami kalcitu a pyritu, slabě chloritizováno, úklon 50°.
427	M-33-93-C	261 Blažkov	Gama karotáž vrtu 1973	Anomálie X ve vrtu 7,9 pA/kg při normálním poli 1,2 pA/kg v hloubce 201,2 m.	Vrt: Zv-74	Litologická anomálie – granitizovaná rula. V okolí aplit, pegmatit.
428	M-33-93-C	262 Blažkov	Gama karotáž vrtu 1973	Anomálie X ve vrtu 7,2 pA/kg při normálním poli 1,4 pA/kg v hloubce 549,2 m.	Vrt: Zv-74	Dislokace směru 165°/70° V o mocnosti 14 m. Výplň: tektonická brekcie, tektonický jílu, chlorit, grafit. Boční horniny: biotitické ruly, pegmatit.

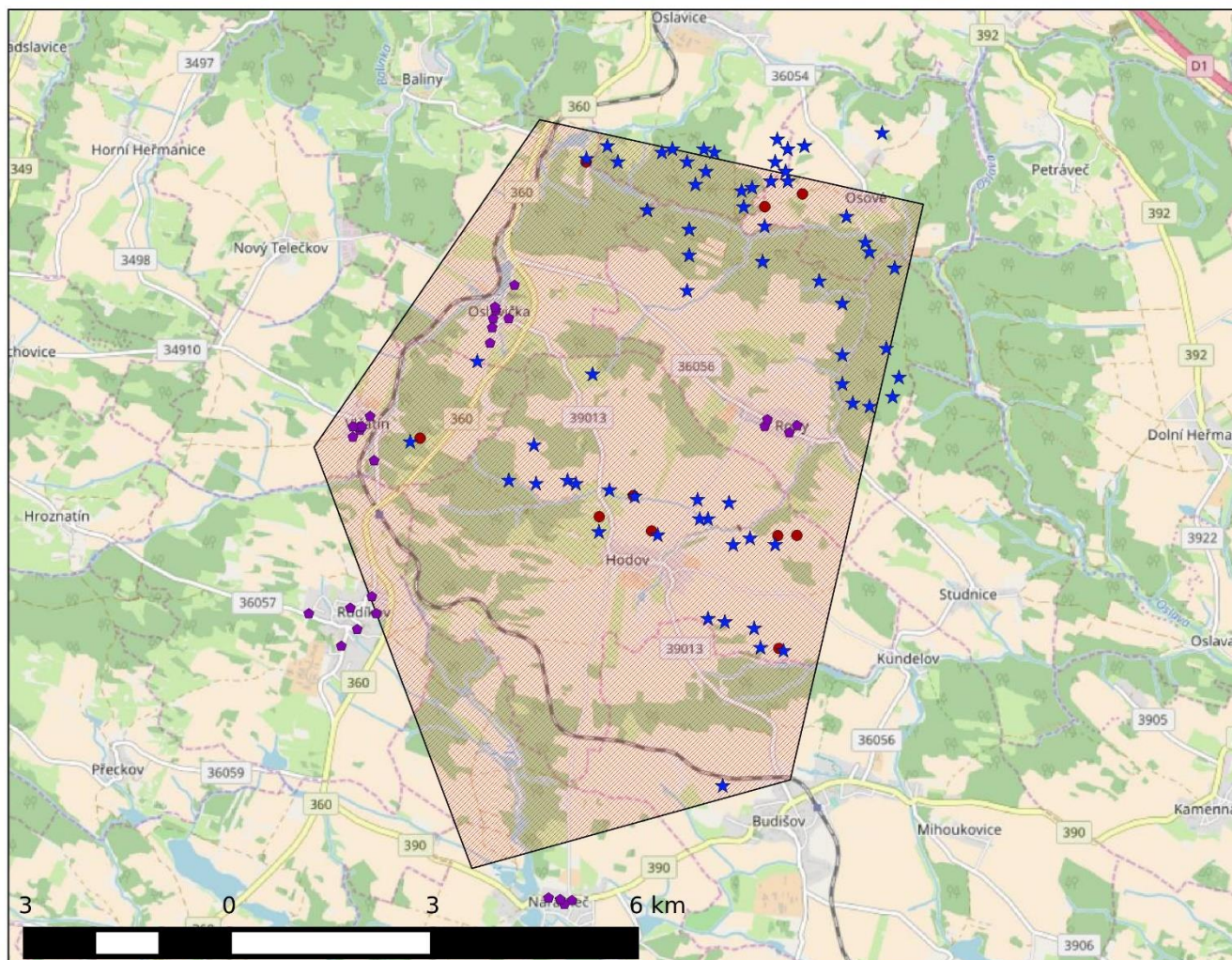
Úkol: Rožná			Příloha č. - Katalog radiometrických anomálií			
č. úkolu:			str. 41			
Kat. číslo	Mapa 1 : 50 000	Číslo a název anomálie	Rok nález, metoda, měřítko	Geofyzikální charakteristika	Druh ověř. prací	Geologická charakteristika anomálie
469	M-33-93-D	002 Josefov	Emanační průzkum do 1 m 1 : 5 000 1957	Anomálie koncentrace emanace Rn typu mozaikovitěho tvaru s maximem 1 035 Bq/l při normálním poli 35 Bq/l na ploše 60 x 40 m. Koncentrace emanace s hloubkou zvolna vzrůstá. Maximální X na anomálii 8,6 pA/kg, X s hloubkou ostře vzrůstá.	Kutací rýha: R-1	Litologická anomálie – pegmatit? Boční horniny: svorové ruly. Maximální X v kutací rýze 3,9 pA/kg.
470	M-33-93-D	003 Josefov	Emanační průzkum do 1 m 1 : 5 000 1957	Anomálie koncentrace emanace Rn typu mozaikovitěho tvaru s maximem 570 Bq/l při normálním poli 35 Bq/l na ploše 110 x 60 m. Koncentrace emanace s hloubkou zvolna vzrůstá. Maximální X na anomálii 2,6 pA/kg, X s hloubkou zvolna vzrůstá.	Anomálie nebyla ověřena technickými pracemi	
471	M-33-93-D	004 Střítež	Emanační průzkum do 1 m 1 : 5 000 1957	Anomálie koncentrace emanace Rn typu izometrického tvaru s maximem 355 Bq/l při normálním poli 75 Bq/l na ploše 15 x 8 m. Koncentrace emanace s hloubkou zvolna vzrůstá. Maximální X na anomálii 2,3 pA/kg, X s hloubkou zvolna vzrůstá.	Anomálie nebyla ověřena technickými pracemi	
472	M-33-93-D	005 Věžná	Emanační průzkum do 1 m 1 : 5 000 1957	Anomálie koncentrace emanace Rn typu protaženého tvaru směru 20° s maximem 2310 Bq/l při normálním poli 90 Bq/l na ploše 120 x 40 m. Koncentrace emanace s hloubkou zvolna vzrůstá. Anomálie X mozaikovitěho tvaru směru 40° s maximem 33,7 pA/kg při normálním poli 0,4 pA/kg na ploše 190 x 5 m. X s hloubkou zvolna vzrůstá.	Kutací rýhy: Vrty: O-91, O-92	Rudní výskyt – makroskopicky reliktů sekundárních U minerálů na puklinách v okolí dislokace směru 50°/60° SV o mocnosti 25 cm. Výplň: tektonická brekie, jíl, křemen, limonit, hematit. Boční horniny: ortoruly, až migmatity, biotiticko-sillimanitické ruly, pegmatit.
473	M-33-93-D	006 Střítež	Povrchový průzkum gama 1 : 5 000 1959	Na povrchu anomálie X protaženého tvaru směru 35° s maximem 7,7 pA/kg při normálním poli 0,6 pA/kg na ploše 40 x 10 m. Na profilech v sondách do 1 m maximální X 29,5 pA/kg při normálním poli 0,6 pA/kg a maximální koncentrace emanace komplexního typu 860 Bq/l při normálním poli 45 Bq/l. X s hloubkou silně kolísá, koncentrace emanace kolísá při vzrůstajícím poli koncentrace emanace.	Kutací rýhy: R-1, R-2	Dislokace směru 10°/50° Z o mocnosti 60 cm. Výplň: tektonický jíl, limonit a drobné pukliny. Boční horniny: amfibolity. Maximální X na anomálii 3,6 pA/kg.
474	M-33-93-D	007 Bor	Emanační průzkum do 1 m 1 : 5 000 1957	Anomálie koncentrace emanace Rn typu s maximem 220 Bq/l při normálním poli 65 Bq/l je tvořena izolovanými body na ploše 20 x 5 m. Koncentrace emanace s hloubkou zvolna vzrůstá.	Anomálie nebyla ověřena technickými pracemi	
475	M-33-93-D	008 Střítež	Emanační průzkum do 1 m 1 : 5 000 1957	Anomálie koncentrace emanace Rn typu velmi protaženého tvaru směru 170° s maximem 1 990 Bq/l při normálním poli 90 Bq/l na ploše 330 x 25 m. Koncentrace emanace s hloubkou zvolna vzrůstá. Maximální X na anomálii 4,3 pA/kg.	Kutací rýhy: Vrty: Báňské práce:	U-ložisko Olší zóny O ₂₆ , O ₂₂ .
476	M-33-93-D	009 Drahonín	Emanační průzkum do 1 m 1 : 5 000 1956	Anomálie koncentrace emanace Rn typu mozaikovitěho tvaru s maximem 5 680 Bq/l při normálním poli 35 Bq/l na ploše 450 x 200 m. Koncentrace emanace s hloubkou ostře vzrůstá. Maximální X na anomálii 67,4 pA/kg, X s hloubkou ostře vzrůstá.	Kutací rýhy: R-1, K-1119, K-1120 Báňské práce:	U-ložisko Olší zóny O ₁ , O ₂ , O ₃ , O ₆ .
477	M-33-93-D	010 Drahonín	Emanační průzkum do 1 m 1 : 5 000 1956	Anomálie koncentrace emanace Rn typu mozaikovitěho tvaru směru 170° s maximem 2 890 Bq/l při normálním poli 75 Bq/l na ploše 170 x 85 m. Koncentrace emanace s hloubkou ostře vzrůstá. Maximální X na anomálii 12,9 pA/kg, X s hloubkou ostře vzrůstá.	Kutací rýhy: Vrty: Báňské práce:	U-ložisko Olší, zóny O ₁ , O _{2a} , O _{1a} .
478	M-33-93-D	011 Tišnovská Nová Ves	Emanační a gama průzkum do 2 m 1 : 5 000 1972	Anomálie koncentrace emanace Tn typu mozaikovitěho tvaru s maximem 960 Bq/l při normálním poli 30 Bq/l na ploše 18 x 5 m. Koncentrace emanace s hloubkou kolísá při vzrůstajícím poli koncentrace emanace. Anomálie X mozaikovitěho tvaru s maximem 24,0 pA/kg při normálním poli 1,4 pA/kg na ploše 17 x 5 m. X s hloubkou ostře vzrůstá.	Kutací rýha: R-36	Maximální X 3,1 pA/kg při normálním poli 1,4 pA/kg zjištěn na cca 15 m mocné poloze amfibolického skarnu bez rudní mineralizace.
479	M-33-93-D	012 Drahonín	Emanační průzkum do 1 m 1 : 5 000 1957	Anomálie koncentrace emanace komplexního typu protaženého tvaru směru 132° s maximem 285 Bq/l. Koncentrace emanace s hloubkou zvolna vzrůstá. Normální pole ani rozměry nejsou známy, detailizace anomálie nebyla dokončena do normálního pole. Maximální X 3,6 pA/kg, X s hloubkou zvolna vzrůstá.	Kutací rýha: R-108/3 Vrt: O-71	Dislokace směru 165°/55° Z o mocnosti 17 m. Výplň: tektonická brekie, karbonáty. V okolí hematitizace. Boční horniny: syenity. Bez zvýšeného X. Ve vrtu zjištěn maximální X 9,4 pA/kg.

Příloha 2 Přehledové mapy zobrazující geografické souřadnice měřených budov, pozemků a anomálií v jednotlivých lokalitách

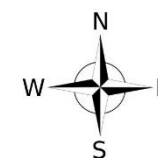
Radiometrické anomálie, PÚZZK Hrádek



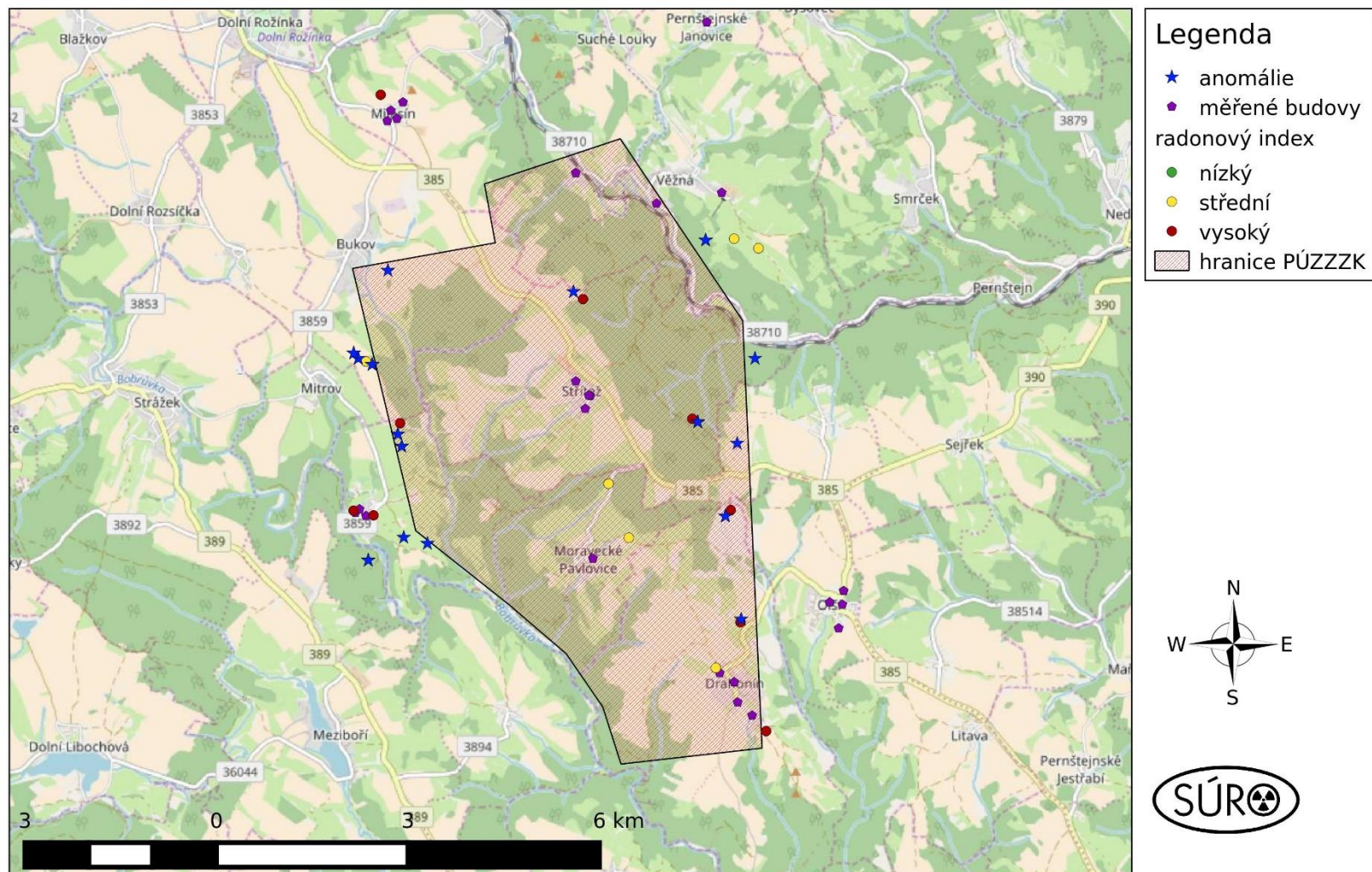
mapa vytvořena v open-source programu QGIS, mapový podklad © 2018 OpenStreetMap contributors

Radiometrické anomálie, PÚZZK Horka

Legenda

- ★ anomálie
- ★ měřené budovy
- radonový index
- nízký
- střední
- vysoký
- ▨ hranice PÚZZK



mapa vytvořena v open-source programu QGIS, mapový podklad © 2018 OpenStreetMap contributors

Radiometrické anomálie, PÚZZK Kraví Hora



mapa vytvořena v open-source programu QGIS, mapový podklad © 2018 OpenStreetMap contributors

Příloha 3 Souhrnný přehled měřených budov a jejich zeměpisných souřadnic (WGS 84 EPSG:4326)

obec	lokality	ID	Zeměpisná šířka	Zeměpisná délka
Rudíkov	Horka	RU1	49.2892686	15.9416506
Rudíkov	Horka	RU4	49.28646	15.9459511
Rudíkov	Horka	RU3	49.2907475	15.9499958
Rudíkov	Horka	RU2	49.2897475	15.9471536
Rudíkov	Horka	RU3	49.2892722	15.9505936
Rudíkov	Horka	RU6	49.2879086	15.9480639
Nárameč	Horka	NA1	49.2644808	15.9764822
Nárameč	Horka	NA2	49.2647011	15.9734047
Nárameč	Horka	NA3	49.2645575	15.9749339
Nárameč	Horka	NA5	49.2641375	15.9754956
Nárameč	Horka	NA4	49.2645575	15.9749339
Vlčatín	Horka	VL1	49.3063031	15.9497558
Vlčatín	Horka	VL2	49.3024822	15.9503033
Vlčatín	Horka	VL3	49.3051061	15.9484217
Vlčatín	Horka	VL4	49.3053775	15.9482472
Vlčatín	Horka	VL5	49.3054081	15.9475189
Vlčatín	Horka	VL7	49.3045247	15.9474847
Vlčatín	Horka	VL6	49.3054183	15.9487047
Oslavička	Horka	LS1	49.3126292	15.9656469
Oslavička	Horka	OS2	49.3147392	15.9660658
Oslavička	Horka	OS3	49.3147508	15.9681150
Oslavička	Horka	OS4	49.3176367	15.9688856
Oslavička	Horka	OS5	49.3139603	15.9659319
Oslavička	Horka	OS6	49.3154472	15.9664253
Oslavička	Horka	OS7	49.3157350	15.9663156
Rohy	Horka	RO1	49.3055125	16.0063067
Rohy	Horka	RO2	49.3048958	16.0052792
Rohy	Horka	RO3	49.3054472	16.0020244
Rohy	Horka	RO4	49.3060203	16.0023856
Hojkov - Nový Hojkov	Hrádek	HJ1	49.383345	15.4352742

Hojkov - Nový Hojkov	Hrádek	HJ2	49.383295	15.4361217
Hojkov	Hrádek	HJ3	49.3891186	15.4136817
Hojkov	Hrádek	HJ4	49.3890467	15.4116681
Dolní Cerekev	Hrádek	2DC1	49.3454258	15.4540867
Dolní Cerekev	Hrádek	DC2	49.3446806	15.4597097
Dolní Cerekev	Hrádek	DC3	49.3439636	15.4479875
Dolní Cerekev	Hrádek	DC4	49.3472989	15.451305
Nový Rychnov	Hrádek	NR1	49.3818564	15.3596675
Nový Rychnov	Hrádek	NR2	49.3808936	15.3654194
Nový Rychnov	Hrádek	NR3	49.3836308	15.3643694
Nový Rychnov	Hrádek	NR4	49.3856653	15.3668167
Rohozná	Hrádek	RZ1	49.3505953	15.3983264
Rohozná	Hrádek	RZ2	49.3503672	15.3974153
Rohozná	Hrádek	RZ3	49.3486881	15.4012161
Věžná	Kraví hora	VZ1	49.4589847	16.2750625
Věžná	Kraví hora	VZ2	49.4579972	16.2658942
Věžná - Jabloňov	Kraví hora	VZ3	49.4607883	16.2545208
Věžná - Pernštejské Janovice	Kraví hora	VZ4	49.4745847	16.2729597
Milasín	Kraví hora	ML1	49.4665011	16.2284942
Milasín	Kraví hora	ML2	49.4655483	16.2279994
Milasín	Kraví hora	ML3	49.4657628	16.2293525
Milasín	Kraví hora	ML4	49.4672661	16.2301992
Moravecké Pavlovice	Kraví hora	MP1	49.4254875	16.2569325
Habří	Kraví hora	HB1	49.4293925	16.2249981
Habří	Kraví hora	HB2	49.4296797	16.2235119
Habří	Kraví hora	HB3	49.4300103	16.2240808
Drahonín	Kraví hora	DR1	49.4150058	16.2747756
Drahonín	Kraví hora	DR2	49.4141711	16.2768197
Drahonín	Kraví hora	DR3	49.412305	16.2773111
Drahonín	Kraví hora	DR4	49.4111039	16.2793461
Oliší	Kraví hora	OL1	49.4191008	16.2915228
Oliší	Kraví hora	OL2	49.4214761	16.2902661

Olší	Kraví hora	OL3	49.4212725	16.2920411
Olší	Kraví hora	OL4	49.4225247	16.2922264
Střítež	Kraví hora	ST1	49.4392039	16.2558564
Střítež	Kraví hora	ST2	49.440385	16.2565722
Střítež	Kraví hora	ST3	49.4417236	16.2545233

	Monitoring ovzduší z hlediska výskytu radonu a monitoring ionizujícího záření v místech známých anomálií	Evidenční označení:
		SÚRAO ZZ 272/2018

Příloha 4 Protokol 242-039-2018/ZRIP o stanovení radonového indexu pozemku v rámci radiometrických měření v místě anomálie 37/104-B, pozemek č. parc. 1862/1, 1734/2, k.ú. Vlčatín, PÚZZZK Horka

STÁTNÍ ÚSTAV RADIAČNÍ OCHRANY

veřejná výzkumná instituce

Bartošková 28, 140 00 Praha 4

ústředna: 241 410 211-213

fax: 241 410 215



Protokol o stanovení radonového indexu stavebního pozemku

podle § 96 vyhlášky č.422/2016 Sb., ve znění pozdějších předpisů

č. 242-039-2018/ZRIP

Informace

Cílem stanovení radonového indexu stavebního pozemku je kategorizace stavební plochy z hlediska možného rizika pronikání radonu z geologického podloží do vnitřního prostředí budov. Určení kategorie radonového indexu vychází z posouzení distribuce hodnot objemové aktivity radonu (dále OAR) ^{222}Rn v půdním vzduchu a propustnosti zemin a hornin pro plyny v hloubce předpokládaného založení stavby, resp. v hloubce očekávaného kontaktu budovy s podložím. Míru rizika pronikání radonu z geologického podloží do vnitřního prostředí budov na daném stavebním pozemku popisuje radonový index pozemku, který nabývá hodnot – nízký – střední – vysoký.

Pozemek:

č. parcely 1862/1, 1734/2, k.ú. Vlčatín

Dodavatel posudku

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i., Bartošková 28, Praha 4 – Nusle. Měření provedli pracovníci odboru přírodních zdrojů, oddělení pro radon a NORM Státního ústavu radiační ochrany, v.v.i. Lukáš Bláha a Jan Hradecký. Protokol zpracoval Jan Hradecký. Povolení k činnosti vydal Státní úřad pro jadernou bezpečnost pod č. j. SÚJB/RCHK/604/2013 dne 8. 1. 2013 na dobu neurčitou.

Odborný posudek vychází ze zákona č. 263/2016 Sb. o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon), ve znění pozdějších předpisů, a z vyhlášky Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (dále SÚJB) č. 422/2016 Sb. o radiační ochraně, ve znění pozdějších předpisů.

Posudek byl vypracován na základě objednávky č. SURAO-2016-1594 ze dne 26. 10. 2015

Zadavatel

Správa úložišť radioaktivních odpadů

Dlážděná 6, 110 00 Praha 1

Cíl akce

Posudek je vyhotoven v rámci zakázky „Monitoring ovzduší z hlediska výskytu radonu a monitoring ionizujícího záření v místech známých anomálií“. Radonový index je stanovován v souladu s doporučením SÚJB Stanovení radonového indexu pozemku přímým měřením (SÚJB, prosinec 2017).

Termín provádění měření

7. června 2018 (čas zahájení měření 11:00)

Použité měřicí metody a měřicí technika

Pro potřeby stanovení objemové aktivity radonu v půdním vzduchu byl použit systém RM-2 (č. OL. 5459, platnost do 31.12.2018). Vzorek plynu o objemu 150 ml byl odebrán pomocí velkoobjemové výplachové stříkačky Janett z odběrové sondy z hloubky 0,5 až 0,8 m, zaváděné do země metodou ztraceného hrotu. Následně byl vzorek vzduchu převeden do evakuované ionizační komory. Protože objemová aktivita radonu ve většině odběrových míst překračovala měřicí rozsah použitého přístroje, byl na místech č. 1, 6, 7 a 9 – 14 odebrán vzorek o objemu 50 ml a na odběrovém místě 8 o objemu 20 ml. Naměřené hodnoty byly přepočítány na standardní objem vzorku 150 ml. Objemová aktivita radonu byla měřena po 15 minutách od odběru vzorku, doba měření byla 120 s. Pro vyhodnocení ionizačního proudu byl použit měřicí přístroj ERM-3 (v.č. 03/2003) a jako detektory ionizační komory typu IK-250.

Dávkový příkon záření gama ve vzduchu byl stanovován přístrojem GT-40 Georadis (v. č. C0029, platnost metrologického ověření do 31. 12. 2018) 1 m nad úrovní terénu.

Pro účely přímého stanovení plynopropustnosti základových zemin byl použit přístroj RADON-JOK.

Povětrnostní podmínky

V době provádění měření na pozemku bylo skoro jasno, teplota vzduchu 25°C. Vál slabý vítr. V dnech předcházejících měření nebyly zaznamenány trvalejší srážky.

Situace

Pozemek leží v místě radiometrické anomálie 37/104-B u lesní cesty asi 430 m východně od železniční zastávky Vlčatín. Pozemek byl neoplocený a dobře přístupný měření.

Rozvržení odběrových míst

Měřicí místa byla rozmístěna v pravidelné síti 3 x 3 m, z toho 5 míst na přilehlé louce a 2 x 5 míst po obou stranách lesní cesty. Na měřicím místě č. 8 byl zjištěn nejvyšší dávkový příkon záření gama.

Geologické poměry

Skalní podloží zájmového území buduje křemenný granit až syenit třebíčského plutonu paleozoického stáří. Kvartérní pokryv tvoří kamenito-hlinitý sediment o mocnosti 0,5 až více než 0,8 m.

Pozemek byl suchý, odběry vzorků půdního vzduchu snadné, v žádném odběru nebyla identifikována přítomnost vody.

Subjektivním hodnocením odporu pístu odběrové stříkačky lze odběr vzorků půdního vzduchu charakterizovat vysokou plynopropustností.

Výsledky měření

Dávkové příkony záření gama měřené 1 m nad úrovní terénu dosahují hodnot 0,20 – 0,54 $\mu\text{Gy/h}$. Hodnoty objemové aktivity radonu v půdním vzduchu jsou podle jednotlivých odběrů uvedeny v Tabulce č. 1.

Tabulka č. 1.

Měřicí místo (č. odběru) ¹	OAR (kBq.m^3) ²	Charakteristika odběru ³	Popis měřicího místa
1	3039	Snadný	Louka
2	371	Snadný	Louka
3	253	Snadný	Louka
4	307	Snadný	Louka
5	794	Snadný	Louka
6	3447	Snadný	Les
7	4707	Snadný	Les
8	5918	Snadný	Les
9	3468	Snadný	Les
10	4416	Snadný	Les
11	2586	Snadný	Les
12	3117	Snadný	Les
13	4899	Snadný	Les
14	4707	Snadný	Les
15	1152	Snadný	Les

Vysvětlivky:

- 1) Označení měřicího místa.
- 2) Objemová aktivita radonu v půdním vzduchu.
- 3) Charakterizuje kvalitu a okolnosti odběru (snadný, těžký, zvodnělý apod.).

Souhrn výsledků měření objemových aktivit radonu v půdním vzduchu:

Hodnota třetího kvartilu měřeného souboru:	4562 kBq.m^{-3}
Maximální hodnota:	5918 kBq.m^{-3}
Minimální hodnota:	252 kBq.m^{-3}
Střední hodnota souboru (aritmetický průměr):	2879 kBq.m^{-3}

Medián souboru:

 $3117 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$

V Tabulce č. 2 jsou uvedeny výsledky přímého stanovení plynopropustnosti základových zemin.

Tabulka č. 2

Měřicí místo (č. odběru) ¹	$k \text{ (m}^2\text{)}$
1	3,30E-12
2	2,98E-12
3	8,95E-12
4	1,04E-11
5	1,04E-11
6	6,74E-13
7	1,42E-12
8	4,82E-12
9	1,69E-12
10	2,51E-13
11	1,04E-11
12	1,04E-11
13	7,83E-12
14	3,91E-12
15	8,95E-12

Souhrn výsledků stanovení plynopropustnosti základových zemin:

Hodnota třetího kvartilu měřeného souboru:	$9,69 \times 10^{-12} \text{ m}^2$
Maximální hodnota:	$1,04 \times 10^{-11} \text{ m}^2$
Minimální hodnota:	$2,51 \times 10^{-13} \text{ m}^2$
Střední hodnota souboru (aritmetický průměr):	$5,77 \times 10^{-12} \text{ m}^2$
Medián souboru:	$4,82 \times 10^{-12} \text{ m}^2$

Pokud jsou k dispozici numerické údaje objemové aktivity radonu v půdním vzduchu a numerické údaje plynopropustnosti (přímá měření plynopropustnosti *in-situ* systémem

RADON-JOK), ke stanovení radonového indexu pozemku slouží model „radonový potenciál pozemku“ RP:

Na základě výsledků měření objemové aktivity radonu a přímého stanovení plynopropustnosti zemin v jednotlivých odběrových místech stavebního pozemku byl proveden výpočet radonového potenciálu stavebního pozemku (RP). Výsledkem hodnocení je číselná hodnota RP, charakterizující jednoznačně radonový index pozemku (pro $RP < 10$ je radonový index pozemku nízký, pro $10 < RP < 35$ je radonový index pozemku střední a pro $35 \leq RP$ je radonový index pozemku vysoký).

$$RP = \frac{c_A - c_{A0}}{(-\log k + \log k_0)} = \frac{c_A - 1}{(-\log k - 10)} = 4500$$

Hodnocení:

Pozemek: č. parcely 1862/2, 1734/2, k.ú. Vlčatín
je ve smyslu vyhlášky č.422/2016 Sb. ve znění pozdějších předpisů a podle metodiky hodnocení základových půd z hlediska rizika pronikání radonu do budov [4] zařazen do kategorie

Vysokého

radonového indexu.

Poučení

Ochrana staveb před pronikáním radonu z geologického podloží musí začít již v první fázi výstavby před jejich založením. Jen tak je možné zajistit, aby dokončená stavba splňovala legislativní požadavky na úroveň přírodního ozáření. Aby bylo možné zvolit optimální ochranu proti radonu, dostatečně účinnou, ale současně jednoduchou i cenově přijatelnou, v souladu s ČSN 73 0601 Ochrana staveb proti radonu z podloží, je třeba vycházet ze znalosti radonového rizika na konkrétním stavebním pozemku. Povinnost stanovit radonový index pozemku ukládá zákon č. 263/2016 Sb., Atomový zákon., každému, kdo navrhuje umístění nové stavby nebo přístavby s obytnými nebo pobytovými místnostmi.

Použité podklady:

- [1] Zákon č. 263/2016: Zákon o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů.
- [2] Vyhláška SÚJB č. 422/2016 Sb. O požadavcích na zajištění radiační ochrany
- [3] Radiační ochrana, SÚJB, ÚJIZ, září 1998
- [4] Radiační ochrana, Doporučení *Stanovení radonového indexu pozemku přímým měřením* (SÚJB, prosinec 2017)

V Praze dne 12. června 2018

Mgr. Aleš Froňka, Ph.D.
Vedoucí odboru přírodních zdrojů, osoba se ZOZ

RNDr. Zdeněk Rozlívka
Ředitel SÚRO, v.v.i.

NAŠE BEZPEČNÁ BUDOUCNOST



SÚRAO

Správa úložišť radioaktivních odpadů

Dlážděná 6, 110 00 Praha 1

Tel.: 221 421 511, E-mail: info@surao.cz

www.surao.cz